

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

Studijní obor: Textilní a oděvní technologie  
Studijní zaměření: Design oděvního výrobku

## FUTURISTICKÝ NÁVRH KALHOT

## FUTURISTIC DESIGN OF TROUSERS

KOD/2012/06/3/MS

**Vedoucí bakalářské práce:** Doc. Svatoslav Krotký, ak.mal.

**Rozsah práce:**

Počet stran:	99
Počet stran příloh:	11
Počet obrázků:	97
Počet tabulek:	5
Počet grafů:	1
Počet příloh:	7

Liberec 2012

Bc. MILENA VETEŠKOVÁ







## Prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním diplomové práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **souhlasím** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, dne 7. května 2012

.....

Milena Vetešková

## **Poděkování**

Touto cestou bych ráda poděkovala všem lidem, bez nichž by tato práce nemohla vzniknout. Na prvním místě je to vedoucí mé práce pan docent Svatoslav Krotký, kterého si cením jako pedagoga a člověka a za jehož lidský přístup mu skutečně děkuji. Dále bych chtěla poděkovat panu docentovi Antonínu Havelkovi a paní inženýrce Blaženě Musilové za cenné rady pro projektování elektronického oděvu. Děkuji všem obyvatelům hackerské laboratoře Brmlab za velikou ochotu, se kterou mi poskytli programovací rady a zaměstnancům pražské tiskárny OP Tiger, kterým jsem vděčná za pomoc s tiskem textilního vzoru. Děkuji všem přátelům, kteří se mnou měli trpělivost v dobách, kdy jsem mluvila pouze o své diplomové práci a kteří se se mnou srdečně radují nyní, když ji odevzdávám. Ze všech největší dík však patří mé matce, které vděčím za obrovskou celoživotní podporu nejen ve studiu a za to jak mne vychovala.

## **Anotace**

Diplomová práce se zabývá vytvořením futuristického návrhu kalhot, v nichž jsou integrovány elektronické komponenty. Teoretická část zpracovává řešerši historického vývoje kalhot se zaměřením na období futurismu včetně jeho uměleckých projevů. Popisuje jednotlivé funkční prvky nositelné elektroniky a možnosti jejich začlenění do oděvu. Zaměřuje se na mikrokontrolér Arduino a řadu produktů LilyPad, určených speciálně pro použití v textiliích.

V experimentální části je vytvořen oděvní výrobek vycházející z futuristických tendencí, jenž v sobě integruje zmíněné elektronické součástky jako předpoklad budoucího vývoje oděvů. V práci je popsán postup tvorby kalhot reagujících na pohyb, a to od zpracování inspirací a skici až po konstrukci, modelaci, digitální potisk, schéma rozmístění a zapojení součástí, tvorbu obvodu z vodivých nití, programování mikrokontroléru a samotné zhotovení oděvu.

## **Klíčová slova**

- Futurismus
- Nositelná elektronika
- Arduino
- Vodivé dráhy
- Integrace

## **Annotation**

The thesis deals with the creation of futuristic design of trousers with integrated electronic components. The theoretical part elaborates a literature search of the historical development of the trousers focusing on the period of Futurism including its artistic expressions. It describes particular functional elements of wearable electronics and the possibility of their integration into the garment. It focuses on microcontroller Arduino and a range of products LilyPad intended specifically for use in textiles.

In the experimental part is created a clothing product based on the futuristic trends, which incorporates mentioned electronic components as an assumption of future development of clothing. The paper describes the procedure for making the trousers responding to movement, from the processing of inspiration and a sketch to design, modeling, digital printing, layout and wiring diagram of components, formation of conductive thread circuit, microcontroller programming and final production of the garment.

## **Key words**

- Futurism
- Wearable electronics
- Arduino
- Conductive paths
- Integration

# Obsah

Úvod .....	12
<b>TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	14
<b>1 Historický vývoj kalhot</b> .....	14
1.1 Starověk .....	14
1.2 Středověk (5. -15. století) .....	15
1.3 Renesance (15. – 16. století) .....	16
1.4 Baroko (1618 – 1715) .....	17
1.5 Rokoko (1735 – 1789) a Empír (1789 – 1815) .....	18
1.6 Biedermeier (1820 – 1840) a historismus (1840 – 1870) .....	19
1.7 Oděv od roku 1870 po Secesi (1890 až 1910) .....	19
1.8 1. polovina 20. století .....	20
1.9 2. polovina 20. století .....	21
1.10 Současnost .....	23
<b>2 Futurismus</b> .....	24
2.1 Umělecké směry spojené s futurismem .....	25
2.2 Futurismus v různých odvětvích umění a jeho představitelé .....	25
2.2.1 Literatura .....	25
2.2.2 Malířství .....	25
2.2.3 Sochařství .....	27
2.2.4 Ostatní .....	27
2.3 Futuristický oděv .....	28
<b>3 Nositelná elektronika</b> .....	31
3.1 Funkční prvky elektronických oděvů .....	32
3.1.1 Vstupy .....	33
3.1.2 Výstupy .....	35
3.1.3 Komunikace .....	37
3.1.4 Zdroje napájení .....	38
3.1.5 Kontrolní jednotky .....	39
<b>4 Vodivé materiály</b> .....	40
4.1 Kovová vlákna .....	41
4.2 Vodivé polymery .....	42
4.3 Optická vlákna .....	42
<b>5 Arduino</b> .....	44
5.1 Hardware .....	44
5.2 Software .....	46
5.3 Příslušenství LilyPad pro nositelné textilie .....	47
5.3.1 Senzory .....	47
5.3.2 Aktuátory .....	47
5.3.3 Spínače .....	48
5.3.4 Napájení .....	49
5.3.5 Ostatní .....	50

<b>6 Monitorování pohybu pomocí oděvu .....</b>	<b>51</b>
6.1 Akcelerometry .....	51
6.2 Gyroskopy.....	52
6.3 Textilní senzory .....	52
6.4 Příklady snímačů pohybu.....	53
<b>7 Integrace komponent do oděvu .....</b>	<b>54</b>
7.1 Integrace vodivých struktur .....	54
7.1.1 Pletení .....	54
7.1.2 Tkaní .....	55
7.1.3 Netkané textilie .....	56
7.1.4 Vyšívání .....	56
7.1.5 Tisk .....	56
7.1.6 Lepení a nažehlování .....	57
7.2 Integrace pevných elektronických komponent .....	57
7.2.1 Permanentní spoje.....	57
7.2.2 Rozebíratelné spoje.....	58
<b>EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....</b>	<b>60</b>
<b>8 Oděvní návrh inspirovaný futurismem.....</b>	<b>60</b>
8.1 Technický náčrt .....	69
8.2 Technický popis .....	70
8.3 Konstrukce a modelování .....	71
8.4 Digitální tisk .....	72
<b>9 Použité komponenty a materiály .....</b>	<b>75</b>
9. 1 Senzor .....	75
9. 2 Aktuátor .....	76
9. 3 Vodivé dráhy.....	76
9.3.1 Určení elektrického odporu nitě .....	77
9. 4 Zdroj napájení .....	80
<b>10 Realizace modelu.....</b>	<b>81</b>
10.1 Rozmístění a zapojení elektronických komponent .....	81
10.2 Tvorba kódu v software Arduino 1.0.....	82
10.3 Technologie zhotovení vodivých drah.....	86
10.3.1 Vodivé dráhy.....	86
10.3.2 Křížení nití .....	87
10.3.3 Propojení s pevnými komponenty .....	87
10.3.4 Umístění baterie .....	89
10.4 Realizovaný výrobek .....	89
<b>Závěr .....</b>	<b>94</b>
<b>Použitá literatura .....</b>	<b>96</b>
<b>Seznam příloh.....</b>	<b>99</b>

## Seznam použitých zkratk

Bluetooth	Komunikační technologie k bezdrátovému propojení mezi elektronickými zařízeními
DPI	Dots per inch – Počet obrazových bodů, které se vejdou do délky jednoho palce
DIY	Do It Yourself – Zhotovení něčeho bez profesionální podpory („udělej si sám“)
CMYKW	Cyan, magenta, Yellow, Black, White – Barevný model se základními barvami azurová, magenta, žlutá, černá, bílá
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory – Elektricky mazatelná paměť
FTDI	Future Technology Devices International – Rozhraní (převodník) pro propojení el. součástí
GPRS	General Packet Radio Service – Mobilná datová služba
GPS	Global Positioning System – Globální družicový polohový systém
GSM	Global System for Mobile Communications – Globální systém pro mobilní komunikaci
ICPs	Intrinsically conductive polymers – Jiskrově vodivé polymery
JST	Japan Solderless Terminal – Druh rozebíratelného konektoru
KB	Kilobajt – Jednotka pro objem dat v informatice
LCD	Liquid Crystal Display – Displej z tekutých krystalů
LED	Light-emitting diode – Světlo emitující dioda
Li-pol	Lithium-polymer
mcd	Milicandela – Jednotka svítivosti
MEMS	Mikroelektromechanické systémy
MHz	Megahertz – Jednotka frekvence
MIT	Massachusetts Institute of Technology
OLED	Organic light-emitting diode – Organická světlo emitující dioda
PAN	Personal Area Network – „Síť osobního prostoru“
PLED	Polymer light-emitting diode – Polymerní světlo emitující dioda
PWM	Pulse-width modulated – Pulsně šířková modulace
QTC	Quantum Tunnelling Composite - Kompozity s efektem kvantového tunelování



RFID	Radio Frequency Identification – Identifikace na rádiové frekvenci
RGB	Red, Green, Blue – Systém barev červená, zelená, modrá
SMA	Shape memory alloys – Slitiny s tvarovou pamětí
SMD	Surface mount device – Součástka pro povrchovou montáž plošných spojů
SMP	Shape memory polymers – Polymery s tvarovou pamětí
SRAM	Static random-access memory – Statická paměť v informatice
USB	Universal Serial Bus – Sériová sběrnice pro připojení periferií k počítači
USD	United States dollar – Americký dolar
WIFI	Wireless Fidelity – Bezdrátová komunikace

## Úvod

V dnešní době, kdy elektronika proniká téměř do všech oblastí průmyslu a je neoddělitelnou součástí života ve vyspělých zemích, není žádným překvapením, že své místo našla i na poli textilu. Slučování textilních materiálů a elektroniky je stále na vyšší úrovni a oděv tak získává nové funkce. Ochrana před nepříznivým počasím, sociální a estetická funkce jsou doplněny například o monitorování tělesného stavu, zvyšování komfortu, lokalizaci v prostoru, detekci okolních podmínek, interakci s okolím nebo oděvy slouží například jako ovladače elektronických zařízení. Nositelná elektronika se uplatňuje ve zdravotnictví, vojenství, sportu či pro denní nošení.

Móda a design se v posledních letech čím dál tím více propojují s technologií a vědou a nositelná elektronika je jedním z výsledků tohoto sloučení. Už se nevyrábějí pouze oděvy čistě funkční, ale klade se důraz na elektronické oděvy, které plně obstojí po stránce estetické a jako přidanou hodnotu mají další vlastnosti, kterými běžné šaty nedisponují. Oděv jako takový má vedle ochranné funkce velikou schopnost vyjadřovat informace o svém nositeli, jeho náladu, postoje, kreativitu. Integrace elektroniky a tím způsobená modifikovatelnost oděvů tak zvyšuje jejich módnost, zábavnost, osobitost a expresivitu, což je pro mnoho lidí, zejména pro mladou generaci, žádoucí faktor. Tyto oděvy jsou schopné reagovat na pokyny nositele nebo samostatně komunikovat s okolím. Přehrávají hudbu, svítí, mění tvar, barvu, vydávají zvuky, vytvářejí virtuální realitu.

Vývoj elektronických oděvů je záležitostí především větších firem se specializovanými pracovišti a výzkumnými týmy, které vytvářejí nové technologie a materiály. Ty jsou pak vyráběny sériově a začleňovány přímo do oděvů daných firem. Pro samostatné oděvní designéry je však výroba elektronických oděvů náročnější, neboť tyto pokrokové materiály zpravidla nebývají komerčně dostupné. Je nerealistické očekávat, že budou schopni sami vytvářet elektronické moduly a ostatní součásti. Na Massachusetts Institute of Technology byla jako reakce na tuto skutečnost vyrobena řada výrobků LilyPad, speciálně určených pro integraci do textilu. Obsahuje ovládací mikrokontrolér Arduino, různé druhy senzorů, aktuátorů a řešení pro zapojení zdroje elektrické energie. Po pochopení programovacího jazyka a principu napojování součástí tak umožňuje designérům navrhovat, ale hlavně i vyrábět elektronické oděvy. Kombinací jednotlivých produktů z řady, nebo už jen přeprogramováním

mikrokontroléru našitého přímo na textili, je možno vytvářet rychle přizpůsobitelné oděvy s různorodými funkcemi a reakcemi.

Výše zmíněné komponenty byly využity i pro potřeby této práce. Cílem je vytvořit návrh kalhot, který v sobě nese futuristické prvky. Požadavkem je, aby byl tento oděv funkční a zároveň módní. Futurismus lze chápat jako obecnou tendenci upínat se k věcem budoucím, nebo jako umělecký směr, který se vyvinul na začátku 20. století. Projevy tohoto směru, z něhož návrh vychází, jsou včetně vývoje kalhot v historickém kontextu rozvedeny v teoretické části. Ta také shrnuje informace týkající se tématu nositelné elektroniky, které jsou potřebné pro vytváření vodivých drah a zapojování elektronických komponentů. V experimentální části je na základě těchto poznatků oděv vypracován od prvotní skici až po fyzickou realizaci.

# TEORETICKÁ ČÁST

## 1 Historický vývoj kalhot

*„Kalhoty, více než se myslívá, přispěly k duchovní výstavbě Evropy, která by se bez nich pravděpodobně nikdy nebyla zbavila svého klasicko-humanistického komplexu méněcennosti vůči antice.“ [1]*

Kalhoty v průběhu své historie zaznamenaly mnoho změn. Ačkoli většinou nebyly tak prudké jako změny jiných součástí oblečení, zejména kabátů nebo dámských šatů, jejich vývoj prošel od nejjednodušších po ty nejokázalejší formy, aby se vrátily zase ke střízlivé praktičnosti.

### 1.1 Starověk

Kalhoty nebyly součástí lidského šatníku odjakživa. Ve starověku plnily funkci vrchního oděvu nestřižené kladené oděvy a mužské a ženské šaty se výrazně nelišily. Existovaly však již národy (Peršané, Židé, Foiničané, Skytové), které kvůli chladnému klimatu nosily dlouhé kalhoty zdobené výšivkou zastrčené do bot (obr. 1) [1].



Obr. 1: Skýt s vyšívanými kalhotami zastrčenými v botách [1]

Prudká, dalo by se říct až revoluční, změna pánského oděvu nastala na přelomu letopočtu, kdy Římané po vzoru Germánů přijali kalhoty (latinsky *bracae*) do svého šatníku. Označení *bracatus* znamenalo „nosící kalhoty“. Ty se v té době skládaly z pravoúhlého kusu látky a pohlaví kryl šátek provlečený mezi nohama až k pasu. Kalhoty tak výrazně odlišily oděv mužský a ženský a oděv zcivilnily. Zpočátku jimi bylo opovrhováno a zakazovaly se, protože odporovaly zažitému způsobu oblékání. Později, cca ve 3. století našeho letopočtu, se staly běžnými [1].

## 1.2 Středověk (5. -15. století)

V evropském raně středověkém oděvu (5. až 11. stol.) se kalhoty usadily nastálo hlavně kvůli své funkčnosti. Nosily se úzké a mohly být viditelné pod kratšími tunikami nebo úplně zakryté pod delšími plášti. Český název pro ně zněl *hace* a podle latinského slova *caliga* (označení pro boty se šněrováním kolem lýtky) se postupem času uchytil název kalhoty [2].

Nejen mezi panovníky byly od poloviny 9. století populární punčochy, nošené i ženami jako spodní oděv. Navazovaly na kalhoty dlouhé ke koleni a byly přidržovány podvazky. V 11. století vznikly spojením kalhot a punčoch přiléhavé punčochové kalhoty, které se staly zcela viditelným svrchním oděvem (viz obr. 2). Ve vrcholném středověku (12. stol. – pol. 14. stol.) se nohavice přivazovaly k vatovanému kabátku *wamsu* pomocí podvazků (obrázky 3) [2].



Obr. 2: Úzké  
punčochové kalhoty  
[2]



Obr. 3: Široké kalhoty vázané v pase,  
kalhoty ke koleni s punčochami a  
punčochy přivázané podvazky [2]



Obr. 4: Detail krytí  
kalhot [2]

V pozdním středověku (2. pol. 14. stol. – 15. stol.) se oděvy členily na velké barevné kontrastní plochy (*miparti*). U kalhot se to projevilo rozdělením na šachovnice, pruhy či poloviny, kdy každá nohavice měla jinou barvu (červená se zelenou, modrá se žlutou atd.). Aby toto ladilo i s kabátkem, vždy měla přilehlá polovina kabátku opačnou barvu k barvě nohavic. K zjednodušení oblékání sloužil rozparek, zahalený krytím (obrázky 4), což je předchůdce poklopce. Krytí vytvářelo přední část kalhot a přivazovalo se na bocích. Vycpané krytí bylo považováno za necudné [2].

### 1.3 Renesance (15. – 16. století)

Renesance vznikla v Itálii ve Florencii už ve 14. století, její nejvýznamnější etapa však probíhala v 15. a 16. století. Z hlediska odívání vznikly tři vyhraněné styly – italská, německá a španělská renesance, která trvala až do 17. století [3].

Italský renesanční oděv respektoval tvar a proporce lidského těla s tím, že nepotřebuje vylepšovat. U mužů i nadále přetrvaly punčochové kalhoty. Místo bot měly někdy už samotné punčochy podrážky [3].

V půlce 16. století dosáhly kalhoty ve svých dějinách významnější proměny. V Německu a Švýcarsku vznikly *plundry* (obr. 5), zvané pytlaté kalhoty či *pludrhuzny*. Vypadaly jako mohutné pytle nebo jako u kolene nabírané sukně. Nemusely se ani sešívat, někdy byly tvořeny jen pásy. Spotřebovalo se na ně velké množství látky (až 9 metrů), což je v porovnání s dnešními výrobky mnoho. I kalhoty zasáhla móda průstřihů a rozparků (obr. 6), z nichž byla vyvlačovaná další látka. Existovaly i variace s jednou nohavicí prostříhanou vodorovně a druhou svisle [3].



Obr. 5: Plundry [3]



Obr. 6: Prostříhané kalhoty [3]

Španělský geometricky tvarovaný oděv působil jako naprostá novinka vůči dosavadnímu způsobu oblékání. Nerespektoval přirozené proporce, naopak je deformoval, bránil pohybu, byl nepohodlný a měl institucionální (dvorský) charakter. Kalhoty se nosily silně vycpané, nohavice ve formě dvou koulí nebo hrušek (obr. 7) navazovaly na vosí pas kabátku s vycpaným husím břichem. Nohy se staly důležitým prvkem celkové siluety a kalhoty tak tvořily okázalou součást oděvu. Sahaly do půli stehen nebo maximálně ke koleni. Tvořily je svislé pásy, z nichž se vyvlačovala podšívka. Další změnou oproti předchozím dobám bylo to, že punčochy se začaly plést a plošně pletené díly se sešívaly. Nejpopulárnější barva byla bílá [3].



Obr. 7: Krátké kalhoty z pásů a husí břích [3]



Obr. 8: Velmi krátké kalhoty ve francouzském stylu [3]

Ve Francii nebyly kalhoty tak škrobeně okázalé a vycpávané, naopak působily volnějším dojmem. Mohly sahat dokonce jen pod zadek (obr. 8). V této době se prvně projevují snahy žen nosit mužské oděvy kvůli jejich praktičnosti například při jízdě na koni [3].

## 1.4 Baroko (1618 – 1715)

V období baroka se oděv oproti španělským kreacím uvolnil, nebyl tak okázalý a důraz se kladl i na jeho pohodlnost. Francie se stala módní ikonou. V raném baroku se kalhoty oprostily od vycpávek a výztuží a byly tak měkčí, jak je vidět na obrázku 9. Opět sahaly až ke kolenům, módní byla délka až do půlky lýtek. Ve vrcholném baroku za vlády Ludvíka XIV. se znovu dostal do popředí dvorský oděv. Širší kalhoty ke koleni, v Holandsku označované *reingraf* nebo *rhingrave* (obr. 10), tvořily roury stejně široké po celé své délce a kombinovaly se s hedvábnými punčochami. Už od roku 1625 dosahovaly délky až k lýtku a postupně se začaly zužovat. Byly označovány jako *culotte*. Na místo poklopce nastoupila krátká zástěrka. Ludvík XIV. zasáhl do vývoje kalhot a proměnil je v jakési řasené suknice plné ozdob a krajek (obr. 11) [4].



Obr. 9: Měkké barokní kalhoty [4]



Obr. 10: Muž ve stuhových rhingrave [4]



Obr. 11: Kalhoty a punčochy skryté pod suknicí [4]

## 1.5 Rokoko (1735 – 1789) a Empír (1789 – 1815)

V období rokoka se pánský oděv začal pomalu přibližovat dnešnímu. Základem byly *culotte* ke koleni (obr. 12), které spolu s vestou a kabátkem *justaucorps* tvořily základ obleku. *Culotte* se navlékaly přes punčochy a byly sepnuté přezkou. Od 70. let se oděv dále zjednodušoval, ke kalhotám se stále častěji nosil frak [4].



Obr. 12: Muž  
v culotte a fraku [4]



Obr. 13: Revolucionář  
v pantalonech [5]



Obr. 14: Úzké pantalonky  
s přirozenou linií pasu [5]

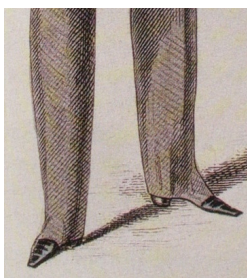
Velká francouzská revoluce, počatá dobytím Bastily v roce 1789, prudce a do té doby nevídaně změnila oděvní pořádky. Vznikl základ mužského oděvu, který je s menšími obměnami používán dodnes. Oděv nejradikálnějších revolucionářů vzešel z oděvu venkovanů a dělníků. Byl složený z kabátu, vesty a kalhot a měl kontrastovat s přezdobenými rokokovými šaty šlechty. Záhy se pro svou střízlivou praktičnost stal součástí civilní módy. Dokonce i některé ženy v revoluční náladě nosily kalhoty. *Incroyables*, lidé vzdorující proti režimu, oblékali krátké těsné kalhoty ke koleni a lýtka neměli zakrytá ničím [5].

Zatímco konzervativní část společnosti stále oblékala *culotte* a punčochy, většina mužů již nosila polodlouhé rourovité *pantalony* (nenosící *culotte* byli označováni *sans-culottes*), znázorněné na obrázku 13. Ty se postupně prodlužovaly a tvarovaly, začaly výrazně obepínat postavu a pas se nacházel ve své přirozené linii (viz obr. 14). Někteří muži si pro lepší siluetu vycpávali lýtka. Kalhoty si často zasouvali do vyšších bot. Populární barva byla bílá. Na sportování se nosily široké kalhoty ke koleni, podobné dnešním pumpkám, pojmenované *knickerbocker* [5].



## 1.6 Biedermeier (1820 – 1840) a historismus (1840 – 1870)

V době biedermeieru měly na oděv vliv majetné měšťanské vrstvy. U kalhot byl dominantní byl úzký pas, kalhoty se celkově zúžily a byly tak dlouhé, že zakrývaly i kus bot, pod nimiž mohly být sepnuty podpínkami (obr. 15). Výjimkou nebyly vzorované kalhoty například s puntíky. Malé dívky nosily kratší sukně, zpod nichž vykukovaly širší kalhotky (obr. 16) [5].



Obr. 15: Detail sepnutí podpínkami [5] Obr. 16: Dívka s vykukujícími kalhotkami [5]

V období historismu ženy trpěly pod rozměry krinolíny, pánský oděv však již skutečně dostával střízlivou podobu, blízkou té dnešní. Kalhoty měly jednoduchý poklopec na knoflíky. Populární látky byly pruhované nebo kárované (obr. 17). I ženy již ale začaly přemýšlet o nošení kalhot – Američanka Amalie Bloomer vytvořila dámský oděv z dlouhých tureckých kalhot a krinolíny ke koleni ke sportu (obr. 18) [5].



Obr. 17: Muži ve vzorovaných kalhotách [5]



Obr. 18: Dámský koupací oděv s krinolínou ke koleni a širšími kalhotami [5]

## 1.7 Oděv od roku 1870 po Secesi (1890 až 1910)

Ke konci 19. století, v roce 1873 si Levi Strauss spolu s krejčím Jacobem Davisem, který vymyslel zpevnění kapes pomocí kovových nýtů, nechali patentovat džíny z denimu (obr. 19), které sloužily jako pracovní kalhoty. Do té doby nabývaly zatím malého vlivu, ale ve druhé polovině 20. století se staly fenoménem [10].

V secesi dámy na sport, převážně na jízdu na kole, stále nosily velmi široké turecké kalhoty (pumpky) stažené pod kolena (obr. 20). Nedá se však říct, že by kalhoty jako součást oděvu byly plně plnohodnotně přijaty. Muži oblékali kombinovaný oblek, u kterého měly sako a kalhoty rozdílné barvy. Kalhoty byly tak dlouhé, že u kotníků tvořily varhánky. Do módy přišly puky a široké dolní záložky [6].

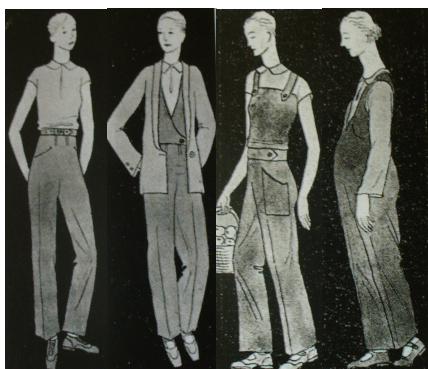


Obr. 19: Patentované džínsy [10] Obr. 20: Dámské sportovní pumpky [6]

## 1.8 1. polovina 20. století

Na začátku 1. poloviny 20. století začaly mít vliv nejen na oděvnictví umělecké směry jako kubismus, fauvismus, futurismus a další. Futuristická vize byla vytvářet oděvy extravagantně barevné, asymetricky střižené, variabilní, s novou tvarovou koncepcí a hlavně nepodřízené sezónní módnosti. Ernesto Thayaht navrhl jednoduchý oblek, který připomínal overal. Nebyl ovšem přijat širokou veřejností. V Paříži byla pro dámy vytvořena kalhotová sukně, což se mohlo považovat za přímého předchůdce dámských kalhot. Ženy ji však také odmítaly [6].

Ve 20. letech měli vliv na oděv i nadále umělci a různé výtvarné směry – art deco, surrealismus, Bauhaus atd. Emancipace žen se projevila na zatím nejvyšší míře. Přijímaly mužské prvky odívání včetně kalhot, poprvé jako plnohodnotného vrchního oděvu žen. Kalhoty se staly základem pro „civilizovanou ženu“. Svým vzhledem se lišily pro různé příležitosti (obr. 21). Běžné denní kalhoty se zažehlenými puky sahaly do pasu, pracovní kalhoty měly velké kapsy a lacl. Mužský oděv zůstal nenápadný až uniformní. Na sportování muži oblékali širší pumpky ke koleni (obr. 22) [7].



Obr. 21: Různé návrhy dámských kalhot [7] Obr. 22: Muž v pumpkách [7]

Ve 30. letech kalhoty v ženské módě prosazovala např. Marlene Diettrich, která nosila kalhotový kostým s širšími nohavicemi, dolními záložkami a záhyby v pase. Mírnou oblibu získala i kalhotová sukně. Módním se pro muže stal overal, původně dělnický oděv [7].

Ve 40. letech začali muži nosit krátké šortky na tenis a plavání. Mezi lidmi se rozšířily džíny (název podle města Gênes – Janov), původně americké pracovní kalhoty pro zlatokopy. Staly se z nich však nejoblíbenější kalhoty pro volný čas. Byly módní a mohli je nosit muži i ženy všech věkových skupin a společenského postavení. Populární byly dlouhé džíny, tříčtvrteční s ohrnutými záložkami, těsné, volné, s lácem, ve formě overalu... První model dostal značku 501 a s obměnami se vyrábí dodnes. Džíny byly vyrobeny z keprové tkaniny jménem denim (podle města Nîmes – *serge de Nîmes* znamená kepr z Nîmes), barvily se přírodní indigovou modří a odolnost proti roztržení zvětšovaly dříve patentované kovové cvoky. Dalšími firmami, které začaly džíny vyrábět, byly (kromě Levi Strauss) Lee a Wrangler. Ve 40. letech také začala vznikat nová syntetická vlákna (polyamidy – nylon), ze kterých se časem vyráběly i kalhoty [7].

## 1.9 2. polovina 20. století

V 50. letech měly vliv na oděv hlavně film a rocková hudba. Mladá generace se odívala do rourovitých kalhot z kůže. Ke sportu se nosily přiléhavé zkrácené capri kalhoty (název podle italského ostrova), šortky nebo bokové kalhoty. Elvis Presley jako ikona zpopularizoval džíny, které se staly symbolem rebelie [8].

I v 60. letech pokračoval kult mladé generace. Veškeré módní revoluce se děly v Anglii, kde móda vzešla z londýnských ulic a krámků s lacinými oděvy. Lidé měli volnost ve výběru z nepřeberného množství směrů a vlivů. Hnutí op-art vyneslo do

popředí geometrické černobílé členění oděvů, space-age look zase stříbrné geometrické šaty. Jiní podlehlí folklórním vzorům na volných oděvech – květovaným kalhotám (obr. 23) nebo džínům s výšivkami. Populární byly manšestrové a jakékoliv úzké kalhoty. Mary Quant, „vynálezkyně“ minisukně, zavedla do módy kalhotový kostým, který od té doby z dámského šatníku nezmizel. Ujalo se zapínání na zdrhovadlo [8,9].

Pro 70. léta jsou nejtypičtějšími kalhotami džíny. Nosily se roztrhané (zejména hippies komunita), záplatované, seprané, s výšivkami a dalšími prvky. Existovaly v rozmanité škále střihů od zvonových kalhot (obr. 24) a „mrkváčů“ (obr. 25), obepnutých bokovek po krabicové kalhoty se 4 puky. Punk představil úzké kožené kalhoty ozdobené zipy, zavíracími špendlíky a řetězy. Na diskotékách se tancovalo v elastických výrazně barevných legínách s příměsí lycry. Dívky nosily velmi odhalující kraťasy zvané *hot pants* [8,9].



Obr. 23: Květovaný overal  
s kalhotovou sukní [11]



Obr. 24: „Zvonáče“ se  
širokými manžetami [12]



Obr. 25: „Trubky“ a  
„mrkváče“ [12]

V 80. letech byl hlavním hnacím proudem, který ovlivňoval i módu, konzum. Mladí lidé se oblékali podle hudby, kterou vyznávali – hip hop, rap, house. I v 90. letech nosili volné kalhoty se sníženými rozkroky, ve kterých mohli tancovat. Hiphopová kultura posunula pas nízko na boky, rozkrok skoro až ke kolenům a nezbytné byly velké kapsy („kapsáče“). Udržely se i jednoduché úzké džíny a do módy se opět vrátily zvonové kalhoty. Někdy měly kalhoty zcela utržený pasový límec, aby odhalovaly co nejvíc. Dalším hudebním vlivem na oblékání bylo techno, jehož vyznavači oblékali metalické barevné kalhoty. Sportovní oděvy pronikly do běžného odívání, což mělo za následek například povýšení tepláků na kalhoty pro denní nošení. Kalhoty pro vrcholový sport se již neobešly bez inovativních vláken s novými vlastnostmi [8,13].

## 1.10 Současnost

I během posledních 10 let se nadále nosí džíny, které přežily v průběhu generací a obstály i v proměnách trendů. Vzhledem ke všem jejich přednostem jako je pevný materiál, technologie ušití a variabilita, lze předpokládat, že svůj prim budou hrát i v dalších desetiletích. Na přelomu tisíciletí u žen končil krátký trend zvonových kalhot a poté přišly na řadu kalhoty s nízkým pasem, obepnutým pozadím a širšími nohavicemi. To vše během posledních let vystřídal trend cigaretových kalhot a bokových *skinny jeans*, těsně obepínajících postavu. Dokonalou reinkarnaci 80. let završila obliba legín v posledních 2 letech, původně nošených pod kratší sukní a nyní jako plnohodnotné součásti oděvu. Kombinací *skinny jeans* a legín vznikly *jeggins*, tedy legíny s typickými prvky džínů (kapsy, falešné zapínání atd). Protikladem k nim se staly turecké kalhoty. Mladí návrháři posunuli pas opět do své přirozené výše a další návrat do historie se konal při vytažení ještě před lety zavrhaných mrkvových kalhot. Nabírání v pase je módní, nikoliv však masově rozšířenou záležitostí, jejíž obliba se teprve očekává. Kalhoty mohou mít různé barvy a bývají upravovány například metodou stonewash, která byla v roce 2006 dotažena do extrémní podoby, kdy se ve snaze o sepraný vzhled odbarvovaly celé přední nebo zadní díly. Podle přehlídek návrhářů na další sezóny se do budoucích let předpokládá další vlna návratu zvonových kalhot.

U mužů kalhoty během posledního desetiletí neprocházely žádnými výraznějšími změnami. Obliba kapsových kalhot se vytratila a nedá se konkrétně určit, že by nějaký střih kalhot převažoval nad ostatními. Hip hop kultura se stále drží širokých kalhot, *indie* éra kapel oblékla zainteresované mladíky do *skinny jeans*. Svůj vliv má i nadále sport. Největší oblibu u všech generací však mají rovné středně široké kalhoty, které pro svou univerzálnost pravděpodobně ještě nějakou dobu vydrží na pozici nejprodávanějších pánských kalhot.

## 2 Futurismus

Futurismus je označení pro umělecký směr, který vznikl na začátku 20. století v Itálii, ale projevil se v celé Evropě ve všech sférách umění. Lze zařadit do desetiletí mezi lety 1909 až 1918, po němž se původní hnutí rozpustilo. Vůdcem byl italský básník Filippo Tommaso Marinetti, který roku 1909 uveřejnil v časopise *Le Figaro* svůj jedenáctibodový spis *Manifest futurismu* („*Le Futurisme*“) adresovaný široké veřejnosti. Ten se stal základem pro umělce, kteří se následně k hnutí přidali (Giacomo Balla, Carlo Carrá, Umberto Boccioni, Gino Severini a Luigi Russolo) [14,15].

Slovo futurismus pochází z latinského výrazu *futurus*, což znamená budoucí. Toto označení si zvolili sami představitelé, narozdíl od jiných směrů, které získaly svůj název až s odstupem času a po kritickém zhodnocení následujících generací. Jak vyplývá z názvu, stoupenci futurismu se upínali k budoucnosti, jejím novinkám a změnám. Odmítali vše staré a konvenční, zejména odkaz antiky včetně současných projevů jejích následovníků. Kultura čerpající z odkazů minulosti se podle nich přežila, protože nepřinášela žádné nové podněty. Tyto myšlenky vyústily až v prohlášení, že by se měly zničit knihovny a muzea, jenž pro ně symbolizovaly hřbitovy. Moderní doba si podle nich žádala moderní umění. Byli fascinováni zejména technikou, rychlostí, pohybem, silou. Obdivovali chladné stroje a jejich rytmus – automobily, vlaky, letadla, továrny nebo telefony. Rádi provokovali měšťáckou společnost svými projevy, ať už skandálními výstupy na večírcích (nazvaných *serate futuriste*) nebo záměrně šokujícími manifesty zaměřenými na literaturu, architekturu, malířství, sochařství, hudbu atd. Snažili se o obnovení uměleckého společenského života [14,15,16].

Futuristé kritizovali společnost. Považovali se za vizionáře a revolucionáře, což podporovali i svou útočností, násilím, arogancí a agresivitou. Měli anarchistické nálady a oslavovali militarismus, patriotismus a válku jako očištění světa. Idealizovali boj, což často proklamovali ve svých dílech. Tyto touhy byly nadřazené například i ženám, kterými se opovrhovalo a byly považovány za ne tolik cenné a silné. Představovaly pouze prostředek pro rození dětí. Realita boje a její následky však ve výsledku vedly k postupnému rozpadu hnutí a přechodu umělců k jiným skupinám. Po první světové válce bylo hnutí ještě radikálnější. Marinetti se obklopil novými následovníky a vznikla druhá fáze futurismu. Hnutí začalo zasahovat do politiky a přístup umělců už nebyl tak destruktivní. Poslední fáze futurismu je spjata s oslavou letectví, jemuž futuristé zasvětili svá díla. Roku 1944 zemřel Marinetti, čímž skončilo i celé hnutí [15].

## **2.1 Umělecké směry spojené s futurismem**

Futurismus, ačkoliv to jeho stoupenci dlouho popírali, vychází z podobných principů jako kubismus. Jako od poměrně statického stylu se od něj však odlišuje svou dynamičností. Další podněty vyšly z impresionismu nebo postimpresionismu (Paul Cézanne). Obdoba futuristického hnutí vznikla roku 1910 i v Rusku, kde se pod vlivem futurismu vyvinuly nové směry jako konstruktivismus (El Lisickij, Alexander Rodčenko se svými lineárními kresbami technického rázu), suprematismus (Kazimir Malevič s geometrickými malbami, např. Černý čtverec na bílém pozadí z let 1914-1915), dále tento směr ovlivnil dadaismus (Kurt Schwitters, Marcel Duchamp se svým obrazem Akt sestupující se schodů z roku 1912, kdy je pohyb postavy vyjádřen sledem jejích pozic), surrealismus (Salvador Dalí, Max Ernst, René Margitte, Joan Miró, Man Ray) nebo akční umění (Allan Kaprow, Joseph Beuys). Projevil se zpětně i u kubismu (oba směry kombinovali sochař Otto Gutfreund nebo malíř Bohumil Kubišta) [14,16].

## **2.2 Futurismus v různých odvětvích umění a jeho představitelé**

### **2.2.1 Literatura**

Futurismus byl směr, který se projevil ve všech oblastech umění a snažil se zasáhnout i společenský život ve všech aspektech. Nejvíce byl spojován s literaturou, která však významným způsobem souvisela s vizuálními vjemy (neobvyklým typografickým zpracováním) a zvukem (zvukomalbou, nelibozvuky). Představitelé porušovali gramatická pravidla, čímž stavební prvky věty osvobozovali. Marinettiho Osvobozená slova jsou vizuální texty se slovy jakoby tančícími po papíru [14,15].

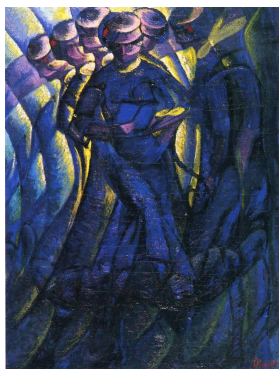
### **2.2.2 Malířství**

Pro futuristické malířství je stěžejním spisem Manifest futuristických malířů z roku 1910. Obsahoval například tyto cíle: „(chceme): zničit kult minulosti, posedlost starobylostí, pedantství a akademický formalismus; hluboce pohrdat všemi formami napodobování; velebit všechny formy originality, byť by byly sebetroufalejší a sebeagresivnější; považovat umělecké kritiky za zbytečné a škodlivé; vymést z ideálního pole umění všechny již otřepané motivy a náměty“. Dva měsíce poté uveřejnili druhý spis Technický manifest futuristického malířství s konkrétnějším obrazem jejich směřování: „(bojujeme): proti patině a glazurám, jež mají dodat obrazům



starobylý vzhled; proti povrchnímu a elementárnímu archaismu, který se zakládá na vybarvování ploch (...); proti aktu v malířství, právě tak odpornému a skličujícímu jako cizoložství v literatuře“ [15,16].

Základním pojmem a předmětem zájmu futuristů byl pohyb, a to relativní a absolutní. Absolutní pohyb sleduje silové pole, které do okolí emituje statický předmět. Vzniká tak dynamický dojem, který je schopný vyjádřit atmosféru. U pohybu relativního je pohyb objektu vyjádřen jeho rozložením do jednotlivých fází pohybu, kdy se zachytí za sebou jdoucí sekvence. Tím se například u znázornění lidské postavy v pohybu zmnoží končetiny (viz obr. 26 a 27). Umělci se inspirovali i kubismem Pabla Picassa nebo Georgese Braqua, kteří malovali objekty z mnoha úhlů. Dělili je do různých perspektiv, rozložili je a spojili je s prostorem kolem nich. Statičnost kubismu ale nahradili zobrazením pohybu [14,15].



Obr. 26: Luigi Russolo – Obrazová dynamika simultánních pohybů ženy (1913) [2]



Obr. 27: Giacomo Balla – Dynamika psa na vodítku (1912) [2]

Dalším pojmem byla simultaneita, což je současné probíhání různých událostí a vjemů – optických, ale i emocionálních projevů (včetně pachů, zvuků, pocitů, vzpomínek). Tyto věci jsou pak schopny popsat atmosféru a smyslové zážitky. Umberto Boccioni ve svém obraze Síly ulice (obr. 28) zobrazuje noční projíždku městem. Snaží se zachytit vizuální a citový zážitek vyvolaný danou situací [15,17].

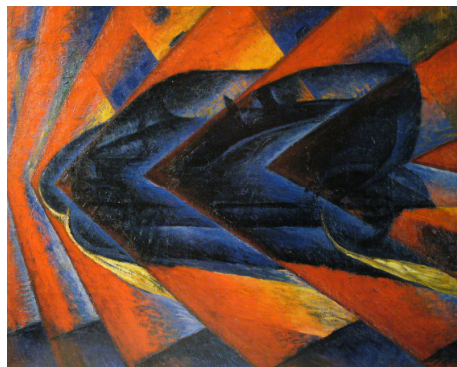
Znázorňované věci, většinou abstraktního rázu, mají ostré hrany a výrazné barvy. Hlavními výtvarnými prostředky děl se staly kontrasty doplňkových (komplementárních) barev (červená a zelená, modrá a oranžová, fialová a žlutá), nejpopulárnější byla však kombinace červené s modrou, dále zelené s oranžovou. Tyto barvy měly zdůraznit revoluční náladu futuristů a zdůraznit pohyb, akci a dynamiku. Luigi Russolo ve svém obraze Dynamika automobilu (obr. 29) zachycuje



vizi rychle jedoucího automobilu, který se prodírá prostorem. Kontrast modré a červené má vyvolat agresivní atmosféru. Z dalších významných malířů stojí za zmínku Gino Severini s náměty jako kavárny, divadlo a tanec a Carlo Carrá, jenž používal v obrazech písmo a papírové koláže [15,16].



Obr. 28: Umberto Boccioni, Síly ulice (1911) [17]



Obr. 29: Luigi Russolo – Dynamika automobilu (1912/13) [15]

### 2.2.3 Sochařství

Důraz na atmosféru a dynamiku je kladen i sochaři, kteří dokonce zapojovali motory k sochám, jež pak byly schopné mechanického pohybu. Umberto Boccioni byl malíř, sochař a po Marinettim jeden z nejvýznamnějších představitelů futurismu. Z jeho soch je nejznámější bronzová Jedinečné formy kontinuity v prostoru z roku 1913 (obr. 30). Představuje postavu v pohybu, která vypadá, jako by za ní vlály drapérie. Boccioni se snažil plastiku propojit s okolním prostorem díky použití pohybu [14,15].



Obr. 30: Umberto Boccioni – Jedinečné formy kontinuity v prostoru (1913) [15]

### 2.2.4 Ostatní

Hudbou se zabýval Luigi Russolo, který roku 1914 na jednom z futuristických večírků představil dílo Intonarumori – nástroje, které vytvářejí hluk. Byly to krabice s tlampači poháněné akumulátory, které vydávaly průmyslové zvuky jako bzučení,

vrzání a pískání. Ve fotografii se snímaly pohybující se objekty buď několika fotoaparáty nebo se používal pouze jeden, čímž vznikla chronofotografie. Jiným principem byla několikanásobná nebo prodloužená expozice, díky které byly pohybující se předměty rozmazané. V architektuře se uplatňovalo vrstvení ploch a linie šikmé, horizontální (dopravní tepny) a vertikální (vysoké úzké mrakodrapy). Futuristické vize představovala například idea víceúrovňové městské dopravy a pohyblivých chodníků (dle návrhů architekta Antonio Sant' Elia). Tyto návrhy však nikdy neskončily realizací kvůli své neproveditelnosti [14,15].

## 2.3 Futuristický oděv

Futurismus jako životní názor se zákonitě projevil i v oděvu. Extravagantní a výrazně barevné oděvy si futuristé sami navrhovali a nosili je. Nejvíce se této oblasti věnoval Giacomo Balla. Roku 1912 šokoval společnost svým oděvem, který vybočoval od oděvních zvyklostí běžných lidí ale i samotných futuristů, jenž nosili seriózní tmavé obleky. Nákrasy jeho oděvů jsou vidět na obrázku č. 31 a fotografie č. 32 zachycuje již zhotovený oblek [15].



Obr. 31: Studie obleků a barevných vzorů od Giacoma Bally (1914) [19]



Obr. 32: Zhotovený futuristický oblek [7]

V květnu 1914 vydal Balla manifest Antineutrální oblek (2 vestito antineutrale), podle kterého měly mít obleky dynamické vzory a měly být pestře vzorované a provokativní (obr. 33). V Manifestu kritizuje to, že mužské tělo bylo během historie odívání uvězněno opasky, dušeno pod těžkými vrstvami nekomfortních látek mdlých barev nebo zahaleno smutnými tmavými obleky. Přeje si zrušení neutrálních tmavých barev, pruhovaných, puntíkatých a kostkovaných látek, obecně přijímané harmonie barev a tvarů, symetrických střihů a zbytečných knoflíků. Veškeré tyto věci považuje za

[illegible]

Důraz byl kladen i na klobouky (roku 1933 se také dočkaly svého manifestu). Futuristé je považovali za doplněk jejich mužnosti a doporučovali vlastnit velké množství klobouků pro nejrůznější příležitosti (klobouk na den, na večer, luxusní klobouk, klobouk do hor a na moře, automaticky zdravící klobouk se systémem

infrachervených paprsků, rádio-telefonní klobouk, klobouk proti elektromagnetické radiaci, klobouk, ve kterém budou hlupáci kritizující Manifest vypadat inteligentně, zvukový klobouk a mnoho dalších více či méně vtipných variací). Měly se na ně používat i neobvyklé materiály jako kov nebo neonové trubice. Z výčtu bodů, které Balla uvedl v Manifestu vyplývá, že oděv by měl být hlavně poutavý, veselý a inovativní [20].

Futuristický manifest dámské módy byl poprvé publikován v časopise Roma futurista v únoru roku 1920. Kritizuje nudné současné oděvy postrádající fantazii a diktátorství módních domů, které tyto produkty povyšují na módu. Podle manifestu by měly být dámské oděvy stejnými uměleckými díly jako jsou třeba malby nebo sochy. Měly by být extravagantní, svobodné a pohrdat symetrií. Manifest vybízel k začlenění pružin, čoček, reflektorů, ohňostrojů, elektrického proudu a dalších součástí moderního života, které by z oděvu vytvořily rozverné dílo, schopné se transformovat a vymezit se tak vůči současnému obecnému vkusu. Ženy, podle ideálů futurismu silné a schopné vykonávat mužské práce, měly v případě potřeby nosit kalhoty místo sukní. Agresivní linie, spirály, trojúhelníky a výrazné barvy se nelišily od představy mužského futuristického oděvu. Ženské tělo se mělo vymodelovat divokou geometrií. Vzhledem k nedostatku látek v důsledku války doporučoval Manifest používat materiály jako papír, hliník, lepenku, plachtovinu, gumu, konopí, ale dokonce třeba i rybí šupiny [18].

Ze všech výše uvedených historických podnětů vychází i návrh v této práci. Bez pochopení pozice oděvu v historickém kontextu a ucelení souvislostí, které vedly k vývoji jednotlivých druhů oděvních kusů, nelze plně pochopit jeho tvarosloví a celkovou koncepci. Inspirace je podrobněji popsána v experimentální části v kapitole Oděvní návrh inspirovaný futurismem.

### 3 Nositelná elektronika

Na vytváření oděvů, které se dají zařadit pod hlavičku nositelné elektroniky, tedy oděvů kombinovaných s elektronickými součástmi, se používají chytré (smart) materiály. Ty mohou vykazovat „inteligenci“ již na úrovni textilní struktury, nebo je jim dodána začleněním elektronických zařízení, která vykonávají požadované operace. Tento trend se rozšířil díky miniaturizaci elektronických zařízení, která se jako mikroelektromechanické systémy (MEMS) dají jednoduše implementovat do oděvu, nebrání pohybu a nijak významně nezhoršují fyziologické vlastnosti oděvu. V dnešní době již existují i zařízení, která se dají prát, vždy je však nutné dbát větší opatrnosti než při udržování běžných textilií a odpojit zdroj napájení. U textilií, které vykazují inteligenci již na úrovni textilních vláken, předchozí problémy odpadají. Použití textilních materiálů zdokonalených začleněním nanotechnologií je nejpokrokovější možností integrace. Oděv si tak zachovává potřebné fyziologické vlastnosti typických textilií bez použití konvenčních pevných materiálů. Kupříkladu aplikované uhlíkové nanotuby zajišťují elektrickou a tepelnou vodivost, mikrokapsule ve vláknech obsahují různorodé látky jako léky, vůně, vitamíny, antibakteriální látky a podobně. Integrují se přímo do vláken při jejich výrobě nebo jako povrchová úprava. Shrnutím požadavků na elektronické oděvy je to, že musí jako ostatní konvenční oděvy poskytovat komfort termofyziologický (spojen s tělesnou vlhkostí, teplotou a prostupem vzduchu) senzorický, neuropsychologický (jak se nositelé cítí, když se oděv dotýká jejich pokožky) a pohybový (oděv nesmí bránit volnému pohybu) [21,23].

Smart textilie reagují na okolní podmínky – teplotu, tlak, záření, elektrické pole, chemické změny atd. Podle míry inteligence se dělí na pasivní, aktivní a vysoce chytré. Běžné textilie se oproti nim někdy označují jako „hloupé“ (stupid). Pasivní smart textilie prostředí pouze vnímají jako čidla. Jsou jimi například optická vlákna, která vnímají elektrické pole, tlak, ohyb... Aktivní smart textilie vnímají stimuly a reagují na ně. Řadí se mezi ně chameleonní textilie, teplotně citlivé materiály, materiály s tvarovou pamětí, inteligentní membrány atd. Vysoce inteligentní textilie přizpůsobují své chování podmínkám [22,23].

Nositelná elektronika nachází uplatnění ve sportovních oděvech, zdravotnictví, vojenství, v oděvech pro volný čas a stále se vynalézají nové aplikace. Ve zdravotnictví slouží jako osobní monitorovací systém, který snímá fyziologická data (srdeční rytmus, dýchání, teplotu...) a bezdrátově je odesílá do zdravotního střediska, kde lékař na dálku

kontroluje pacientův stav. Ten tak nemusí setrvávat na lůžku v nemocnici, ale léčí se v domácím prostředí. Některá z těchto zařízení obsahují i srdeční defibrilátor. Jiné oděvy pomáhají při rehabilitaci nebo lidem s fyzickými handicapy. Osobní navigační systémy vybavené GPS a senzory blízkosti jsou určené pro snadnější orientaci slepých v prostoru. Zdravotní monitorování využívají i sportovci, kteří mají při pohybu stálou kontrolu nad svým tělem, což slouží jako prevence před zraněními a přetížením a pomáhá jim zefektivňovat tréninkové techniky. Ve vojenství má oděvní elektronika vysoký potenciál. Vojáci jsou díky integrovaným zařízením v kontaktu s vedením bojové mise, jsou na dálku navigováni a oděvní elektronika jim může zachraňovat životy. Senzory monitorují změny v okolí, pohyb, přítomnost nebezpečných látek, ale také stav vojáka. Jednou z nejvýznamnějších funkcí je vyslání informace o jeho zranění. Aplikace oděvní elektroniky pro běžné nošení například integrují mp3 přehrávače, mobilní telefony a ovládací textilní klávesnice do oděvů pro usnadnění jejich používání. Mívají například mikrofon v límci a sluchátka integrovaná v kapuci.

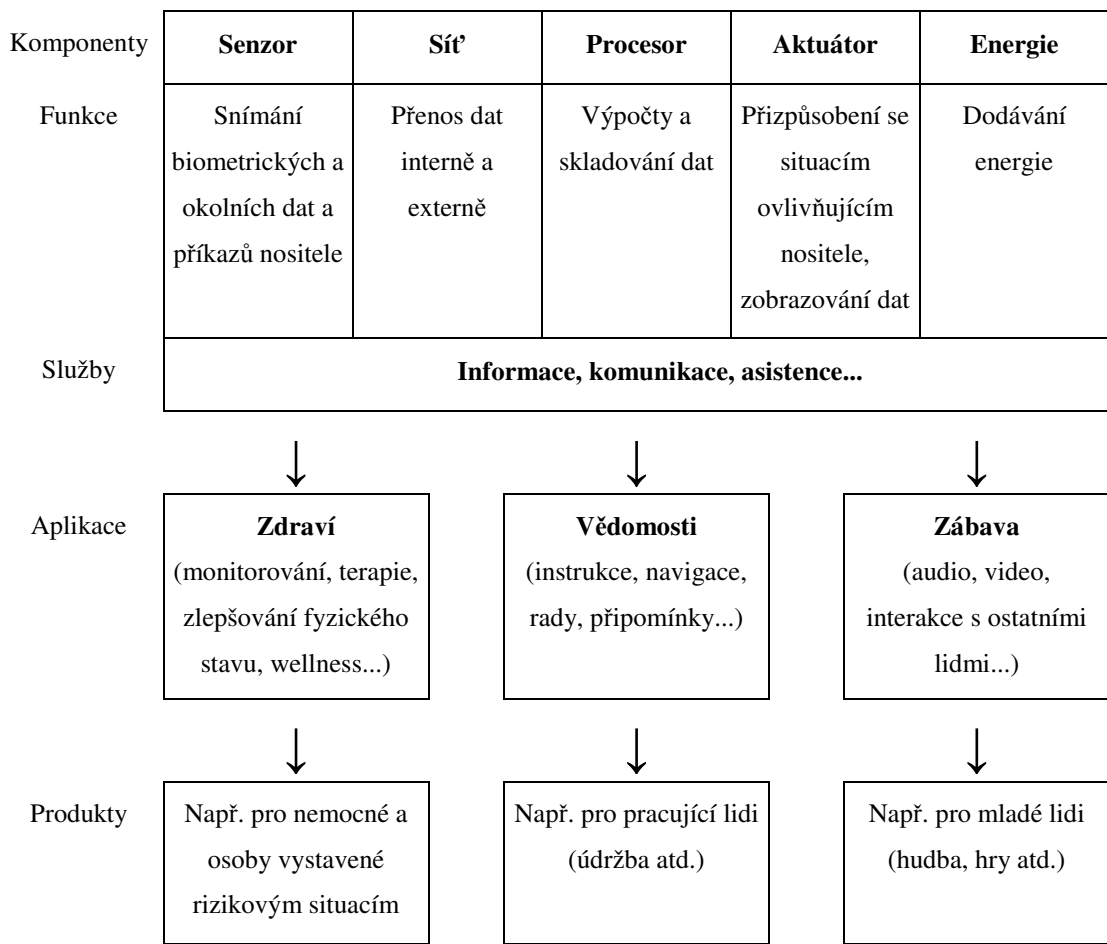
### **3.1 Funkční prvky elektronických oděvů**

Jako u každého jiného obvodu musí být i u elektronických textilií zastoupeny určité funkční části, bez nichž by nebyla umožněna jejich činnost.

Základními prvky, kterými disponují elektronické oděvy jsou [24]:

- Vstupy (senzory)
- Výstupy (aktuátory)
- Komunikace
- Zdroj napájení
- Kontrolní jednotky

Funkce a aplikace těchto částí je shrnuta na schématu v tabulce číslo 1. Dalším volitelným prvkem, který se podílí na jejich činnosti, je software.



Tab. 1: Rozdělení prvků nositelných elektronických systémů [24]

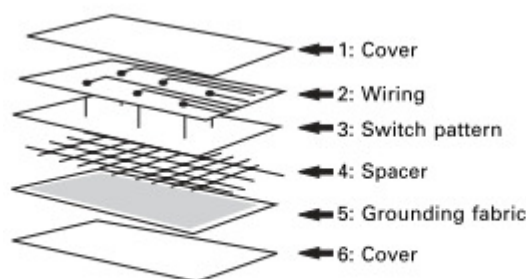
### 3.1.1 Vstupy

Kvůli požadované interakci oděvů s nositelem nebo okolím musí oděv mimo jiných komponent obsahovat hlavně vstupy a výstupy. Vstupy může nositel aktivně ovládat pomocí spínačů, a nebo oděv obsahuje senzory, které samy vyhodnocují situaci a zasílají o ní signál do dalších složek systému. Tyto senzory vnímají pohyb, tlak, světlo, teplotu, zvuk, vlhkost, blízkost, polohu, akceleraci, zápach, biometrická data nebo třeba přítomnost chemických látek.

V oděvech se stále používají konvenční senzory z tuhých materiálů, které je však nutné před praním odstranit. Lepší způsob integrace je úplné včlenění do textilního materiálu, což je žádoucí hlavně u senzorů snímajících fyziologické funkce kvůli nutnosti jejich přímého kontaktu s pokožkou (např. senzory detekující teplotu a pocení) [21].

Jedním z druhů textilních vstupů jsou senzory tlaku SOFTswitch, které se používají na textilní spínače a klávesnice. Skládají se z kompozitů (QTC) s proměnným elektrickým odporem v závislosti na stlačení. Kompozitní materiál je tvořen kovovými částicemi rozptýlenými v elastomeru. Při vyvinutí tlaku se kovové částičky přibližují a dochází k efektu kvantového tunelování mezi nimi. To vede ke snížení měřeného odporu, což je poté možné vyhodnotit [23,25].

Jiným způsobem je aplikace vodivých vrstev oddělených nevodivou vrstvou, kterou může být například síťka. Při stlačení se skrz mezery mezi nitěmi sítě dotknou vodivé materiály, dochází k uzavření elektrického obvodu a průchodu elektrického proudu. Senzor na obrázku číslo 34 se skládá ze šesti vrstev látky. Krajní vrstvy na obou stranách (č. 1 a 6) slouží jako krytí. Vrstva číslo 5 je uzemnění a je oddělena sítí (č. 4) od vrstvy s vodivými částmi pro jednotlivá tlačítka spínače (č. 3). Vrstva číslo 2 pak odvádí informace o propojení určitých částí pomocí natištěných vodivých drah [23,25].



14.26 Structure of a tactile sensor made of an electrically conductive fabric<sup>89</sup> © 1996 IEEE.

Obr. 34: Textilní senzor tlaku [25]

Vláknennými senzory mohou být optická vlákna, která detekují například průnik střely oděvem při bojových misích. Optická vlákna v dnes již legendárním tričku SmartShirt detekují zranění na základě poškozených vodivých cest a dávají tak informaci o lokaci průniku střely. Chemické a biologické podněty jsou detekovány pomocí citlivého pláště vláken, který mění světelné vlastnosti vlákna [24].

Elektronické prvky se dají nahradit organickými polymery přímo vetkanými nebo natištěnými na textilní substrát, ačkoli zatím ve fázi prototypů a je třeba podrobit je většímu výzkumu. Vznikají flexibilní polymerní tištěné baterie a senzory a aktuátory v podobě mikrovláken. Pro použití na pasivní senzory (snímají vstupy bez nutnosti připojení ke zdroji energie) i aktivní senzory (pro převod vstupního signálu na výstup



potřebují zdroj energie) se uvažuje o polyanilinu, polyacetylenu nebo polypyrrolu. Tyto piezorezistivní materiály jsou popsány v kapitole 4.2. Piezoelektrická vlákna se používají hlavně v akcelerometrech, mikrofonech, k detekci vibrací, ultrazvuku atd. Mohou monitorovat i životní funkce jako srdeční rytmus nebo dýchání. Jiné senzory pracují na základě změny kapacity. Obsahují pěnovou vrstvu mezi dvěma vodivými. Po stlačení se pěnová vrstva komprimuje a mění se kapacita mezi dvěma vodivými látkami. Ta je poté detekována a vyhodnocena kontrolními jednotkami [24,25].

### 3.1.2 Výstupy

Po zpracování vstupů mikročipy se datová informace přenesou do výstupů. Výstupy elektronických oděvů působí na naše smysly – vnímáme je vizuálně, slyšíme je, cítíme je dotykem, popřípadě čichem. Mohou jimi být LED, displeje, termochromní a fotochromní inkousty, reproduktory, bzučáky, slitiny s tvarovou pamětí, vibrační motůrky, ohřívací zařízení, vonné kapsule atd. Displeje mohou být na flexibilním substrátu, jako je plastická fólie, vytvořené maticí z LED nebo OLED (organické diody), z tekutých krystalů (LCD) či PLED, což jsou polymerní diody, momentálně nejslibnější kandidáti pro budoucí vývoj nositelné elektroniky kvůli své ohebnosti, vysoké svítivosti a menší spotřebě elektrické energie. SMA (shape memory alloys) jsou slitiny s tvarovou pamětí z niklu a titanu (nitinol) a SMP polymery s tvarovou pamětí. Při deformaci se po změně teploty vrací do svého předepsaného tvaru [21,24].

V této práci jsou použity jako aktuátory **diody (LED)**. Dioda je komponent, který pracuje na principu polovodičů. Obsahuje dvě elektrody propouštějící elektrický proud pouze v jednom směru, tedy směru propustném. V opačném – závěrném – směru proud neprochází. Tento jev je založen na rozhraní dvou materiálů s různými vlastnostmi, nejčastěji P-N přechodu.

U polovodičů je vodivost podmíněná například zvýšením teploty, kdy dodáním tepelné energie dojde k uvolnění valenčních elektronů a přes zakázaný pás energií se dostanou do pásu vodivostního. Šířka tohoto pásu má zásadní vliv na hodnotu elektrické vodivosti u polovodičů a izolantů. U polovodičů se při přechodu elektronů mezi pásy uvolňují díry, které se pohybují ekvivalentně s elektrony v opačném směru. Kromě elektronové vodivosti tedy existuje i vodivost děrová. Elektrony se pohybují v pásu vodivostním a díry ve valenčním. Vlastní (intrinsické) polovodiče s konstantní koncentrací nosičů náboje se mohou dotovat příměsmi (např. fosfor, arsen). Vzniká tak

nevlastní (extrinický) polovodič. Čtyřvazný křemík se tak může dotovat například pětivazným fosforem, jenž po zvýšení teploty uvolní přebývajícím elektron bez vzniku díry (atom je dárce elektronu – donor). Polovodiče s větším počtem elektronů než děr, a tedy negativním nábojem, se nazývají polovodiče typu N. Opakem jsou polovodiče typu P dotované atomem (příjemce – akceptor) s méně elektrony, které vytváří volnou díru [23,26].

Při chemické vazbě N a P polovodiče vznikne P-N přechod. V místě dotyku elektrony z typu N okamžitě obsadí sousední díry v typu P, čímž vzniká energetická bariéra bez nosičů náboje. Po zapojení v závěrném směru (typ N směrem ke kladnému pólu baterie) jsou elektrony typu N přitahovány směrem ke kladnému pólu, oblast bez nosičů náboje se ještě rozšíří a proud tedy neprochází. Při spojení typu N se záporným pólem baterie jsou do krystalu naplavovány elektrony od záporného pólu a díry od kladného a přechodovou vrstvou prochází proud [26].

LED (Light Emitting Diode) je zdroj záření. Tato emise světla se nazývá luminiscence, konkrétně elektroluminiscence, protože je tento jev vyvolán přítomností elektrického pole. Při aplikaci napětí v propustném směru se přemísťují elektrony polovodiče z oblasti N do oblasti P a díry v opačném směru. Elektrony s dírami se povětšinou vykompenzují (rekombinují) a při tomto ději odevzdá atom energii přibližně stejnou, jako je šířka zakázaného pásu. Tato energie se vyzáří ven z krystalu ve formě fotonů, nebo se absorbuje a zvýší tak jeho teplotu. S rostoucí energií se zkracuje vlnová délka světelného paprsku a se silnějším proudem procházejícím krystalem se uvolňuje víc elektronů a tím silnější světlo LED vytváří [26,27].

LED emitují paprsky ve spektru ultrafialového, viditelného nebo infračerveného záření. Barva závisí na použitém polovodiči, příměsích (dotacích) a jejich poměrech, tím tedy na vlnové délce emitovaného záření (viz tabulka č. 2). RGB diody vytvářejí všechny barvy. Bílé diody vznikají použitím LED s luminoforem (chemická látka přeměňující UV záření na viditelné světlo) nebo jako kombinace více barev (modrá se žlutou, RGB), protože bílá barva zahrnuje veškeré vlnové délky obsažené ve viditelném barevném spektru [26,27].

Barva záření	Vlnová délka [nm]	Úbytek napětí [V] při $I = 20 \text{ mA}$	Materiál + příměsi
Modrá	450	3,6	SiC, GaN
Zelená	565	2,2	GaP
Žlutá	585	2,1	$\text{GaAs}_{0,15}\text{P}_{0,85} + \text{N}$
Červená	635	2,0	$\text{GaAs}_{0,35}\text{P}_{0,65} + \text{N}$ $\text{GaAs}_{0,6}\text{P}_{0,4}$ GaP + Zn-O
Bílá	450 – 650	3,6	SiC/GaN + na povrchu luminofor
Infračervené zář.	820/900/950	1,5	GaAs + Si

Tab. 2: Vlastnosti různě barevných LED [26]

Existuje velké množství druhů LED, které se liší tvary, barvou, velikostí a vlastnostmi – klasické v kupolovitém nebo hranatém plastovém obalu, SMD LED pro povrchovou montáž, LED blikající, LED v páscích na výrobu displejů atd. Klasické LED obsahují čip vyzařující světlo připevněný na kovovou katodu, dále anodu propojenou s vývodem zlatým drátkem a epoxidové pouzdro. Orientace LED se určuje tak, že katoda má kratší vývod a pouzdro je na příslušné straně zploštělé. Světlo může být bodové nebo rozptýlné, s různou svítivostí a jasem [26,27].

Svítivost  $I_r$  je intenzita optického záření, hodnocená ve vzdálenosti 1 stopy od LED. Udává se v milicandelách (mcd) a závisí na materiálu, typu přechodu, provedení čipu a krytu diody a na protékajícím proudu (většinou se hodnotí pro proud  $I_f = 20 \text{ mA}$ ). Pro tuto hodnotu proudu se u běžných LED svítivost pohybuje kolem 6 až 60 mcd, u LED se zvýšenou svítivostí mezi 100 a 1000 mcd a v supercitlivé verzi je to více než 1000 mcd [27].

### 3.1.3 Komunikace

Začlenění komunikačních cest do elektronických oděvů je nezbytné, protože žádné z použitých zařízení by nemohlo vykonávat svou funkci bez propojení s ostatními členy systému. Existuje několik druhů komunikace u smart oděvů. Prvním je komunikace mezi jednotlivými komponenty v oděvu, která umožňuje přenášet informace od senzorů až po aktuátory pomocí vodivých cest (z optických vláken a vodivých nití) nebo bezdrátových zařízení. Dalším je komunikace mezi oděvem a

nositelem, kdy oděv reaguje na změnu tělesného stavu člověka. Při komunikaci v „osobním prostoru“ se vyměňují informace s blízkým okolím nositele. Posledním případem je přenášení dat mezi smart oděvy a konkrétními externími zařízeními. Příkladem je vysílání informací získaných oděvními senzory do externích počítačových jednotek, které signál zpracovávají (kontrola zdravotního stavu na dálku atd.). Přenos dat na dálku je uskutečňován bezdrátově pomocí včleněných textilních antén. Mezi nejpoužívanější bezdrátové systémy patří Bluetooth, WIFI, na delší vzdálenost GSM nebo GPRS. Bluetooth přenáší informace mezi elektronickými zařízeními na krátkou vzdálenost na rádiové frekvenci. Vyvíjejí se i aplikace, které by zajistily nejenom přenos dat, ale i bezdrátový přenos energie na dálku [21,24,25].

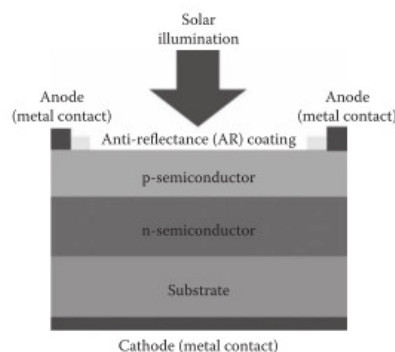
MIT Media Lab v kolaboraci s firmou IBM vyvinuly „sít' osobního prostoru“ – Personal area network (PAN), jež je založena na lidském těle jako médiu přenosu. Využívá se jeho přirozené slanosti, která vede elektrický proud. Touto metodou se přenášejí data – například při potřesení rukou se vymění vizitky. Problémem je však zabezpečení, protože dotykem by mohlo docházet k napojení se na něčí informace [23].

### **3.1.4 Zdroje napájení**

Zdroje energie jsou většinou největší a nejtěžší součástí nositelných struktur. Je to oblast, která vyžaduje ještě mnoho zkoumání, neboť zdaleka nebyla vyvinuta do takové formy, aby mohly být baterie a další napájecí prvky neoddělitelnou součástí oděvu. Jako zdroje energie se v elektronických oděvech používají nejčastěji baterie. Ať už klasické AA baterie nebo lepší lithium polymerové. Mají však omezenou životnost a musí se často nabíjet. Alternativní zařízení pro vyrábění energie generované kolísáním tělesné teploty či pohyby lidského těla jsou pořád ve stádiu vývoje prototypů. Obsahují kapacitor, který získanou energii shromažďuje i pro pozdější použití. Zařízení založená na rozdílu teploty mezi lidským tělem a okolím se skládají z polovodičů. Piezoelektrické zdroje vytvářejí náboj, pokud jsou mechanicky stlačeny. Tento princip by se dal dobře využít při umístění do podrážky obuvi [21,24].

Již dnes je dostupnou alternativou klasických baterií využití solární energie. Solární buňky jsou generátory, které přeměňují solární energii na elektrickou. Kromě toho také mohou produkovat teplo. Jsou tvořeny sendvičovou strukturou se dvěma kovovými kontakty oddělenými polovodičem s P-N přechodem (viz kapitola 3.1.2). Obrázek číslo 35 popisuje konvenční solární buňku tvořenou několika vrstvami –

antireflexní, polovodičem typu P, polovodičem typu N a substrátem. Spodní kontakt je katoda a na vrchu obstarává elektrické propojení anoda [23].



Obr. 35: Schéma solární buňky [23]

Nejméně jedním z kontaktů musí být umožněn průchod solární radiace, která je poté polovodičem absorbována. V polovodičích se valenční elektrony při absorpci světla s danou vlnovou délkou (většinou kolem 800 nm) a s větší energií než je jejich vazná, uvolňují a mohou se tak pohybovat. Množství vzniklého elektrického proudu závisí na množství fotonů, které jsou absorbovány. Dochází k úměrnosti s velikostí panelu. Ty mohou být sériově či paralelně spojovány jako konvenční baterie [25].

Solární panely bývají pokryty křehkou, tvrdou a pro textilie nevhodnou skleněnou vrstvou. Z tohoto důvodu se začaly vyvíjet lehčí ohebné panely pokryté flexibilní polymerní vrstvou nebo buňky tištěné na plastický povrch (firma Konarka Technologies Inc. – „Power plastics“). Architekt Nicholas Goldsmith navrhl pavilon z amorfních křemíkových článků enkapsulovaných a laminovaných do tvarovaných panelů na tkanině [25].

### 3.1.5 Kontrolní jednotky

U oděvní elektroniky slouží kontrolní jednotky jako „mozek“ celého systému. Jsou to jednočipové počítače, které obsahují a spouští program, shromažďují a zpracovávají data přenesená sběrnými ze vstupů a předávají je výstupům. Dají se popojit s externími zařízeními. Požadavkem na ně je malá velikost a hmotnost a nízké nároky na elektrickou energii. V posledních letech se vědci jako u jiných prvků zaměřují hlavně na jejich flexibilitu. Začaly se vyvíjet systémy založené na tenkých ohebných fóliích, což vede k lepší nositelnosti elektronických zařízení. Jednou z kontrolních jednotek je i Arduino, jenž je popsáno v kapitole 5.

## 4 Vodivé materiály

Vývoj flexibilních vodivých materiálů dospěl vysokého pokroku. Namísto konvenčních kabelů se používají vodivé nitě nebo vodivé nánosy aplikované přímo na textilií. Vodivé nitě se vyrábějí o různém složení, struktuře a technologii výroby. Vlákná mohou mít staplovou délku nebo se vyrábějí filamenty. Většina nití na trhu kombinuje nevodivý polymer s vodivými kovovými vlákny (ocel, stříbro). Tyto nitě s kovovými částmi jsou však náchylné k poškození při kontaktu s vlhkostí produkovanou lidským tělem a dochází k polevování jejich vodivosti při opakujícím se nošení a praní. Kovová vlákna ve formě drátků jsou poměrně pevná a tvrdá, což může negativně ovlivnit ohebnost materiálů, do nichž jsou aplikovány [24].

Vodivé materiály se vyrábějí v těchto podobách [24]:

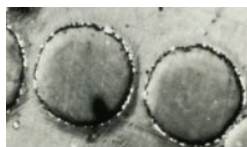
- Kovové drátky
- Polymerní vlákna s dispergovanými uhlíkovými nebo kovovými částčkami
- Polymerní vlákna s obalená kovovou fólií (z Cu, Ag, Au)
- Vlákná s nánosem vodivých polymerů
- Pokovovaná vlákna (obr. 36)
- Vodivé inkousty nanesené jako filmy přímo na textilií
- Optická vlákna (nevedou elektrický proud, ale přenášejí světelný signál a informace)

Kromě uplatnění vodivých vláken pro vedení elektrického proudu se materiály z nich vyrobené používají v aplikacích pro elektromagnetické stínění, odporové zahřívání (autosedačky, rukavice, bundy, spací pytle) a nebo jako antistatické textilie (pro práci ve výbušném prostředí, při výrobě mikroelektroniky). Materiály s integrovaným stříbrem mají krom jiného i antibakteriální účinky.

Na současném trhu existuje celá řada vodivých nití různých druhů, složení, vlastností a od různých výrobců. Liší se zejména hodnotou svého elektrického odporu, což je jeden z nejzásadnějších parametrů pro vytváření vodivých drah.

Firma Shieldex Trading, Inc. z USA kromě nití vyrábí vodivé látky a velcro. Nítě z nylonu pokrytého stříbrem dosahují odporu  $0,5 \Omega$  na 1 cm (katalogový název 234/34 4ply) nit označená 117/17 2ply klade odpor 40-60  $\Omega$ . V tomto rozmezí odporů

firma vyrábí několik dalších nití. Pro jiné aplikace, než jsou vodivé dráhy, vyrábí firma nitě s odporem v řádu stovek ohmů až kiloohmů. Tyto nitě jsou na vytváření vodivých drah kvůli vysokému odporu zcela nevhodné [28].



Obr. 36: Průřez nitě z nylonu pokrytého stříbrem [28]

Nadnárodní firma Bekaert [29] s hlavním sídlem v Belgii a se širokým portfoliem produktů v oblasti kovů má ve svém katalogu nitě Bekinox kombinující polymer a ocel. Více než pro vodivé dráhy jsou vhodné pro ostatní aplikace než vodivé dráhy. Firma DuPont používá jako jádro aramid Kevlar a jako plášť vlákna ze stříbra, niklu, mědi, zlata nebo cínu [24].

Další firmy, které produkují vodivé nitě pro jakékoliv účely, jsou například Schoeller z Rakouska, Micro-Coax s vláknem Aracon z USA, Mitsufuji Textile z Japonska, Noble Biomaterials s vláknem X-Static z USA, A-Jin Electron z Koreje, Syscom Advanced Materials s vláknem AmberStrand z USA, 3L Tex z Číny. Dodavateli jsou firmy Sparkfun z USA, Less EMF z USA, Fine Silver Products z USA a mnoho dalších.

Je nutné zamyslet se také nad nevodivými vlákny, která přicházejí s vodivými drahami do kontaktu. K oddělení vodivých vláken od sebe a zabránění zkratu se v tkaninách a jiných strukturách používají například nylon, polyester nebo akrylová vlákna. Vlákná s vysokou tepelnou odolností jako Nomex jsou vhodná u aplikací, kde se vodivá vlákna hodně zahřívají – u vláken vedoucích vysoký proud, například u vodivých nití přenášejících signál [25].

## 4.1 Kovová vlákna

Kovová vlákna se používají u aplikací, kde je třeba vysoké vodivosti, například u mikroelektromechanických systémů (MEMS), elektromagnetického stínění nebo pro přenos signálu. Vyrábějí se z materiálů jako je nikl, ocel, titan, hliník, měď, zlato, stříbro. Jsou to velmi tenká vlákna o průměru většinou od 1 do 80  $\mu\text{m}$ . Ačkoliv mají velmi vysokou elektrickou vodivost, problematická je jejich vysoká hmotnost (až

pětkrát vyšší než u ekvivalentních textilních vláken), křehkost, nežádoucí „kovový“ omak a nízká odolnost vůči korozi. Kovová vlákna také mohou poškozovat zpracovatelská zařízení obrušováním. Vlákná mohou být vodivým kovem pouze pokryta, a to chemickým pokovováním nebo disperzí kovových částic v pryskyřici, která je pak nanášena na povrch vlákna. Vlákná se pokrývají i polovodivými kovovými oxidy, které reagují chemicky s povrchovými vrstvami vláken nebo solemi kovů (sulfid měďnatý, jodid měďnatý) [24,25].

## 4.2 Vodivé polymery

Speciálních organické polymery ICPs (intrinsically conductive polymers – jiskrově vodivé polymery) jsou známy jako „syntetické kovy“. Mají elektrické, magnetické a optické vlastnosti kovů a mechanické a zpracovatelské vlastnosti polymerů. Jsou jimi polyacetylen (PA), polyanilin (PANi), polypyrol (PPy), polyfuran (PFu), polythiofen (PTh) nebo polyfenylen (PPh). Používají se jako aktuátory i jako biomechanické senzory měnící elektrický odpor a vodivost [25].

Vlákná z vodivých polymerů jsou vyvíjena i v rozměrech s předponou nano, což vede ke zlepšení jejich vodivosti a pevnosti. Vyrábějí se technologií „ostrůvky v moři“ nebo elektrostatickým zvlákňováním. Vytváří se z nich (nejčastěji z polypyrolu) i nanokompozitní vlákenný film, jenž se aplikuje na polyethylenová vlákna. Vodivost u tohoto druhu polymerů vzniká přidáním určitých látek, které slouží jako příjemci nebo dárce elektronu. Tím v polymerním řetězci vzniknou elektronové díry nebo další elektrony, které umožňují elektrickému proudu pohybovat se řetězcem. Její velikost je různá vzhledem k množství a druhu příměsí a závisí i na molekulární struktuře polymerů. Polyacetylenové nanosy mají vodivost závislou na své orientaci, které se dosahuje napínáním. Napnuté struktury dosahují až 20× vyšší vodivosti než volné nanosy. Polypyrol je polymer s dobrou vodivostí, stabilitou a nižší toxicitou, avšak je velmi křehký. Zpracovatelnost a mechanické vlastnosti se dají zlepšit přimícháním různých polymerů či vytvořením kopolymerů [24,25].

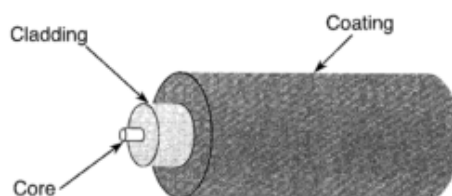
## 4.3 Optická vlákna

Optická vlákna narozdíl od vláken kovových a polymerních nevedou elektrický proud. Přenášejí informace, světlo a slouží jako vlákenné senzory (teploty, mechanického namáhání, elektrického pole, magnetického pole...). Výhodou optických



senzorů je malá velikost, lehkost a flexibilita, díky čemuž jsou kompatibilní s textilními strukturami. Při nadměrném ohýbání ale dochází ke ztrátě vedené informace. Při přenosu signálu narozdíl od běžných vodivých drah nevyvíjejí teplo, které by mohlo poškozovat okolní vlákna. Také nevyžadují elektricky izolační vrstvu a negenerují elektromagnetickou interferenci. Při užití v inteligentních strukturách snímají po celé své délce, a tak se dá měřená veličina lokalizovat v celém objektu. Snímají množství světla procházejícího vláknem a při ztrátě světelného signálu detekují jeho poškození [22].

Optická vlákna se skládají ze 3 vrstev – jádra, pláště a ochranné krycí vrstvy (obr. 37). Jádro a plášť se vyrábějí z křemíku nebo z polymerů. Krycí vrstva slouží k ochraně a mechanické podpoře vláken a může se skládat z několika vrstev. Plášť má nižší index lomu než jádro. Jádrem procházejí světelné paprsky a odrážejí se na rozhraní jádro-plášť s větším úhlem než je úhel kritický [22].



8.1 Structure of optical fibre.

Obr. 37: Struktura optického vlákna [22]

Polymerní optická vlákna mají stejnou strukturu jako křemičitá vlákna. Používají se hlavně pro komunikaci na krátkou vzdálenost vzhledem k vysoké kapacitě přenášených informací, lehkosti a jednoduchosti zapojení. Průměr jádra se pohybuje v řádu milimetrů. Plášť je z ekonomických důvodů tlustý v desítkách mikrometrů. Jádro může být z polymethyl metakrylátu (PMMA) nebo například polystyrenu (PS) [24].

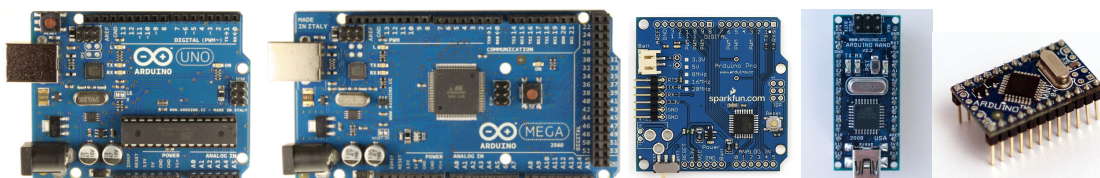
Optická vlákna se dělí na jednovidová a mnohovidová. Jednovidová s malým rozdílem indexu lomu mezi jádrem a pláštěm vedou pouze jeden vid a jsou vhodná pro přenos informací na delší vzdálenost. Mnohovidová (stepindexová s konstantním a gradientní s proměnným indexem lomu) přenášejí vyšší počet vidů a jsou jednodušejí výrobitelná. Stepindexová se kvůli rozptylu a zpoždění vidů hodí na kratší vzdálenosti [30].

## 5 Arduino

Arduino je elektronická platforma se software s otevřeným zdrojovým kódem (open-source software, zkratka OSS), což znamená, že kód je volně a bezplatně přístupný uživatelům k úpravám. Termín platforma značí, že se jedná o hardware a software. Bylo vyvinuto v roce 2005 studenty italského institutu Ivrea Interaction Design Institute. Je populární mezi umělci, designéry nebo domácími kutily, kteří mohou díky jeho jednoduchosti vytvářet hudební nástroje, roboty, hry, interaktivní objekty a další elektronické předměty. Lze propojit s širokou škálou senzorů (teplotní, světelný, pohybový, zvukový, tlakový atd.) a aktuátorů (diody, motory, reproduktory, displeje...), které reagují na základě pokynů naprogramovaných ve speciálním software [31].

### 5.1 Hardware

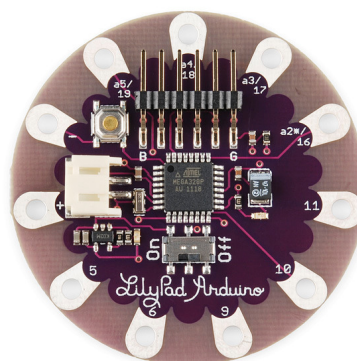
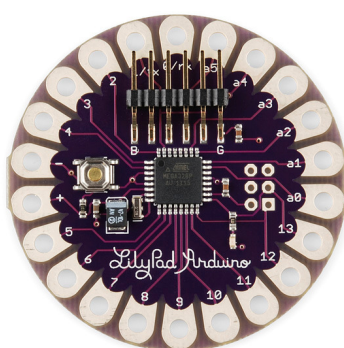
Existuje mnoho verzí hardware Arduino, které se liší podle požadovaných vlastností. Jsou jimi základní Arduino Uno, výkonnější Arduino Mega s větší pamětí, Arduino Bluetooth pro bezdrátovou komunikaci, menší Arduino Nano, nejmenší Arduino Mini a mnoho jiných variací (obr. 38). Je možné je zakoupit již hotové nebo většinu z nich sestavit dle volně přístupných manuálů. Tvoří je deska s mikrokontroléry a dalšími elektronickými komponenty.



Obr. 38: Různé druhy Arduin – Uno, Mega, Pro, Nano, Mini [32]

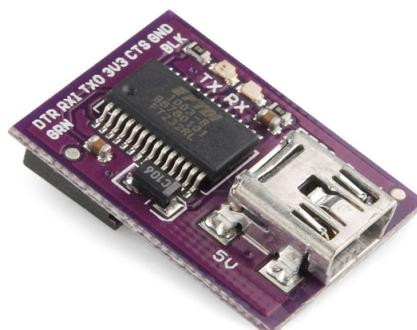
LilyPad Arduino, které je použito v této práci, bylo vytvořeno Leah Buechley, profesorkou na MIT Media Lab, a firmou SparkFun Electronics. Je součástí řady LilyPad, která obsahuje mnoho dalších komponent. Toto Arduino je speciálně určené pro integraci do oděvů, čímž je přizpůsobeno i svými vlastnostmi a rozměry (průměr 50 mm, tloušťka základní desky 0,8 mm, tloušťka míst s elektronickými komponenty 3 mm). Jako jediné z těchto platforem má kulatý tvar, neboť hranatá zařízení s ostrými rohy by mohla nositele zranit. Podle výrobce je LilyPad Arduino umístěné v oděvu po vyjmutí baterie pratelné, doporučuje se však prát jej ručně za použití jemného

detergentu a poté nechat volně uschnout. Další výhodou LilyPad Arduina je to, že je možné je zakoupit jako hotový komponent, a tudíž není pro výrobu elektronických oděvů potřeba vyvíjet speciální moduly. Zkrátí se tak doba potřebná pro vznik oděvu a není třeba mít hluboké znalosti na poli hardware. Jeho zadní strana je plochá a pro propojení s ostatními prvky vodivými drahami a našití zařízení na textilii jsou jeho jednotlivé vývody perforované, což vylučuje nutnost pájení. V průběhu vývoje bylo vytvořeno několik postupně se zlepšujících verzí LilyPad Arduina. Poslední verze s označením 04 (obr. 39) pracuje při napětí 2,7 až 5,5 V, ale nedoporučuje se, aby napětí kleslo pod 3,5 V. Jednodušší verze této platformy (obr. 40) má v sobě přímo zabudovanou i zásuvku na připojení baterie a spínač [31,32].



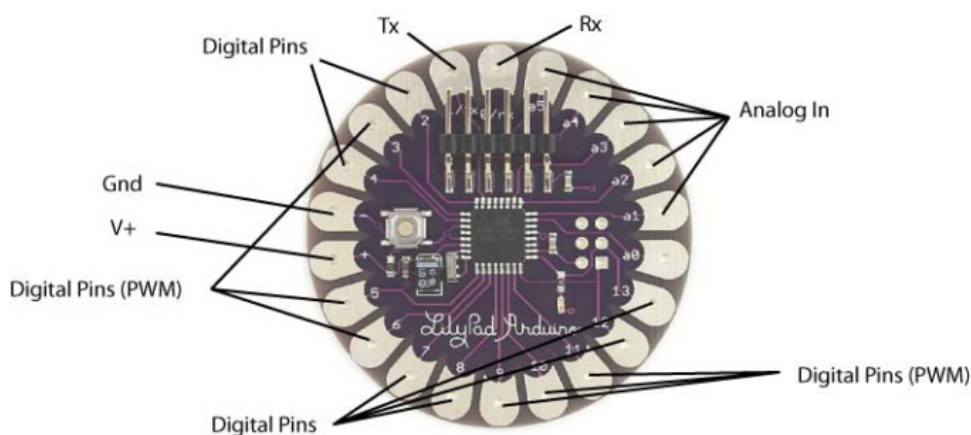
Obr. 39: LilyPad Arduino verze 04 [32] Obr. 40: Jednodušší verze Simple Board [32]

Pro komunikaci LilyPad Arduina s počítačem se používá speciální FTDI adaptér (obr. 41) a kabel s mini USB zakončením. Tento adaptér byl na rozdíl od většiny ostatních Arduino vyčleněn ze základní desky, aby se snížily rozměry zařízení přímo aplikovaného na textilii [32].



Obr. 41: FTDI adaptér [32]

Obrázek číslo 42 popisuje jednotlivá zakončení LilyPad Arduina, jichž je celkem 22. Značka *Gnd* vede k zápornému pólu pro připojení zdroje a značka *V+* ke kladnému. Dále je na základní desce 14 pinů, které slouží jako digitální výstupy. Jsou pod značkami *Digital Pins*, *Tx* a *Rx* (piny 0 – 13). Šest z nich, označených *PWM* (piny 3, 5, 6, 9, 10, 11), může být použito i jako analogové výstupy. *Analog In* (A0 – A5) vyznačuje analogové vstupy. Zakončení *Tx* a *Rx* krom jiného slouží k propojení s dalšími elektronickými moduly [33].



Obr. 42: Vstupy a výstupy LilyPad Arduina [33]

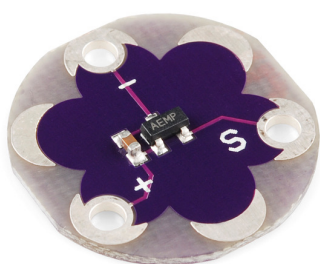
## 5.2 Software

Software Arduino (aktuální verze Arduino 1.0) má oproti ostatním podobným programům výhodu v tom, že je poměrně jednoduchý, a tudíž s ním mohou pracovat i mírně pokročilí programátoři. Je možné ho používat v operačních systémech Windows, Macintosh a Linux. Pomocí počítačového jazyka C se v něm tvoří kódy (nazývané sketches), které se nahrají do hardware, jenž je pak schopný interakce s okolím a reakce na jednotlivé příkazy podle zadání. Základní obrazovka Arduino 1.0 obsahuje textový editor pro tvorbu kódu, oblast zobrazující systémové zprávy, oblast oznamující průběh ukládání a nahrávání, lištu s tlačítky pro základní funkce (uploadování programů, otevírání a ukládání kódů) a rozbalovací menu. Kódy se ukládají s příponou .ino [31].

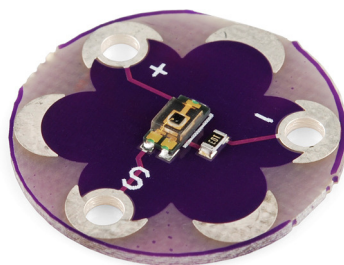
## 5.3 Příslušenství LilyPad pro nositelné textilie

### 5.3.1 Senzory

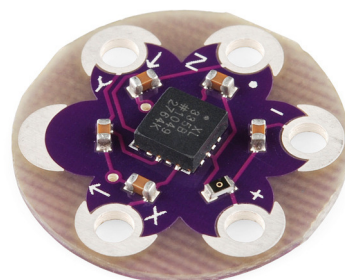
Teplotní senzor (obr. 43) o průměru 20 mm se skládá ze základní desky a termistoru, který mění napětí při detekci různých teplot. Převádí analogové hodnoty na digitální. Při 0 °C je napětí 0,5 V, při 25 °C je 0,75 V, změna je tedy 10 mV na 1 °C. Má měřicí rozsah od -40 do +125 °C a dokáže detekovat i fyzický kontakt na základě tělesného tepla a okolních podmínek. Světelný senzor (obr. 44) mění výstupní hodnoty napětí od 0 do 5 V – na denním světle produkuje 5 V a po zakrytí 0 V. Napětí při běžném světle v místnosti se pohybuje kolem 1 až 2 V. Tříosý akcelerometr (obr. 45) dokáže detekovat pohyb, sklon nebo vibrace. Na každé ze tří os  $x$ ,  $y$ ,  $z$  produkuje 0 až 3 V v závislosti na pohybu. Tento analogový signál se vyhodnocuje pomocí LilyPad Arduina [32].



Obr. 43: Teplotní senzor  
[32]



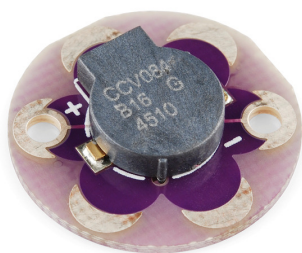
Obr. 44: Světelný senzor  
[32]



Obr. 45: Akcelerometr [32]

### 5.3.2 Aktuátory

Bzučák LilyPad (obr. 46) o standardním průměru 20 mm vydává různé zvuky na základě rozdílné frekvence. Vibrační motor (obr. 47) se třese při indikaci elektrického napětí. Tříbarevná LED (obr. 48) mění barvu mezi červenou, zelenou a modrou na základě naprogramovaných vstupů a může sloužit jako indikátor. Má jeden kladný výstup a tři záporné, korespondující s jednotlivými barvami [32].



Obr. 46: Bzučák [32]

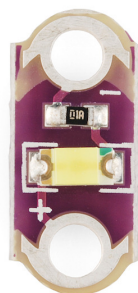


Obr. 47: Vibrační motor [32]



Obr. 48: RGB LED [32]

Řada LilyPad obsahuje i speciální LED (obr. 49) o různých barvách (bílá, modrá, zelená, červená, žlutá, růžová). Velikost  $5 \times 11$  mm, přítomnost rezistoru a oček pro fyzické přichycení na textilií a zapojení do obvodu je dělá lepší alternativou běžných diod. Verze micro (obr. 50) o stejných technických parametrech díky odstranění rezistoru (součást pro redukci proudu) snížila velikost na  $3 \times 9$  mm. Pro stabilnější zapojení vlastních LED například s lepší svítivostí, ale i tranzistorů, rezistorů a dalších komponent, byly vyvinuty i destičky (obr. 51), ke kterým se prvek připevní pájením. Tyto destičky se pak dají opět jednoduše našít na základní textilií [32].



Obr. 49: LilyPad LED  
[32]



Obr. 50: Micro verze  
LED [32]



Obr. 51: Destičky k připojení  
komponent [32]

### 5.3.3 Spínače

Tlačítkový spínač (obr. 52), veliký  $8 \times 16$  mm, při stisku uzavírá a při uvolnění otevírá elektrický obvod. Posuvný spínač (obr. 53) o rozměrech  $7,75 \times 18,1$  mm přepíná mezi režimy on / off [32].

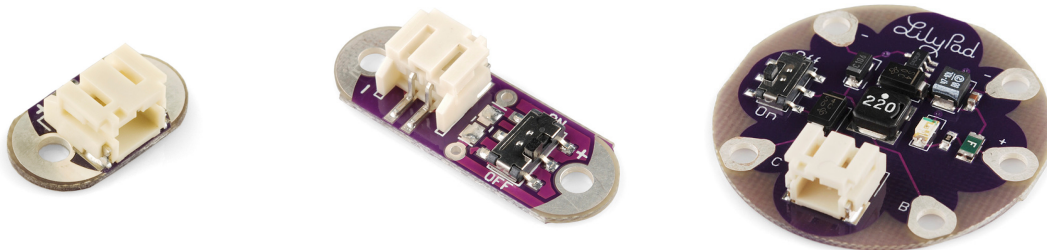




Obr. 52: Tlačítkový spínač [32]    Obr. 53: Posuvný spínač [32]

### 5.3.4 Napájení

Jednoduchá přípojka na baterii (obr. 54) se skládá z malé základní desky s kladným a záporným pólem a JST konektoru se dvěma piny. Umožňuje tak do obvodu jednoduše připojit například li-pol baterii. Další druh přípojky (obr. 55) na základní desce obsahuje rovnou i posuvný spínač. Je možné k němu připájet rezistor. Zdroj LiPower (obr. 56) po zapojení lithium polymerové baterie a spuštění spínače produkuje 5 V, funguje do 150 mA. Má ochranu proti zkratu a obsahuje terminál, díky němuž se baterie dají za použití li-pol nabíječky nabíjet [32].

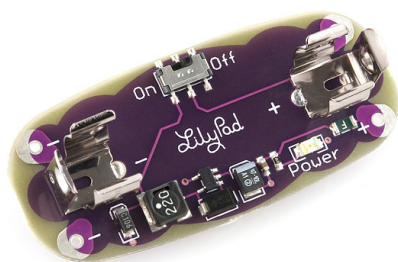


Obr. 54: Jednoduchá  
přípojka na baterii [32]

Obr. 55: Přípojka na baterii  
se spínačem [32]

Obr. 56: Zdroj LiPower [32]

Držák AAA baterie (obr. 57) o rozměrech 56 × 26 mm po zapojení baterie od 1,2 do 5 V produkuje 5 V, funguje do 100 mA. Držák hodinové baterie (obr. 58) je určený pro hodinovou baterii o průměru 20 mm a obsahuje 4 připojovací místa (2 kladná a 2 záporná) pro propojení se zbytkem obvodu [32].



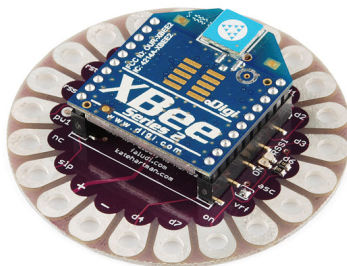
Obr. 57: Držák AAA baterie [32]



Obr. 58: Držák hodinové baterie [32]

### 5.3.5 Ostatní

Mezi ostatní LilyPad příslušenství patří deska pro připojení vysílače XBee (obr. 59), díky kterému probíhá bezdrátová komunikace. Deska obsahuje zdířky, do nichž se modul buď nasadí a nebo pro pevnější spoj připájí [32].



Obr. 59: LilyPad deska s modulem pro bezdrátovou komunikaci [32]



## 6 Monitorování pohybu pomocí oděvu

Monitorování lidských gest, pohybu a polohy v prostoru je v podstatě monitorování základních lidských činností. Má svou důležitost v biologických a technických disciplínách. Dá se podle něj určit nejen fyziologický, ale i psychologický stav nositele. Pro tyto účely existuje několik druhů snímacích přístrojů. Pohyb ve smyslu změny polohy v prostoru je možné zjistit pomocí GPS (Global Positioning System – globální družicový polohový systém), RFID (Radio Frequency Identification – identifikace na rádiové frekvenci) nebo ultrazvukovým, infračerveným a obrazovým senzorem. Pro pohyb ve smyslu změny gest a kinematických pohybů lidského těla pomocí svalové činnosti se používají pevné senzory připevněné na textilii (akcelerometry, gyroskopy), piezoelektrické filmy a vlákna [23,34].

### 6.1 Akcelerometry

Akcelerometry jsou zařízení, která detekují zrychlení ve smyslu změny jeho směru i velikosti. Značkou této vektorové veličiny je  $a$  a jednotkami jsou metry na sekundu na druhou [ $\text{m/s}^2$ ]. Kromě toho se akcelerace přepočítává i na tíhové zrychlení  $g$ . V našich podmínkách (závislost na zeměpisné šířce, nadmořské výšce a nepatrně na hmotě hornin v podloží) má  $g$  hodnotu  $9,81 \text{ m/s}^2$ . Akcelerometry detekují dynamický pohyb, statický sklon nebo vibrace. Statickou pozici zjišťují vzhledem k orientaci vůči gravitační síle. Nacházejí se v mnoha moderních zařízeních jako jsou ovladače na herní konzole (Nintendo Wii) nebo smartphony (Apple iPhone). Ovladač Nintendo Wii je držen hráčem v ruce a vykonané pohyby se analogicky promítají do konzole. Hráč může simulovat například hraní kuželek nebo ovládání zbraně. U telefonů akcelerometry zjišťují, zda je displej otočen na výšku či na šířku a podle toho se otáčí i zobrazované objekty na displeji. Významnou funkcí je detekování volného pádu, díky čemuž se při upuštění počítače rychle vypne pevný disk pro prevenci ztráty dat [35].

Existuje mnoho druhů akcelerometrů, které se liší svými základními vlastnostmi. První z nich je rozsah, jenž se může pohybovat od  $\pm 1 \text{ g}$  (tyto akcelerometry jsou zpravidla citlivější) do cca  $\pm 250 \text{ g}$  pro aplikace s širším spektrem hodnot. Některé akcelerometry mají rozsah volitelný. Další specifikací je rozhraní, jenž může být analogové, PWM (pulse-width modulated – pulsně šířková modulace), nebo digitální. To významně ovlivňuje tvorbu ovládacího kódu v programovacím software, protože každý druh akcelerometru vykazuje jiný druh hodnot. Napětí u analogového výstupu je

lineární s detekovanou akcelerací. Do mnoha mikrokontrolérů jsou zabudovány převaděče analogového signálu na digitální. PWM výstupy produkují pulsy o frekvenci, která se mění při detekci akcelerace. Vyrábějí se zařízení pro měření nejčastěji ve dvou ( $x, y$ ) nebo třech osách ( $x, y, z$ ) [35].

Pro měření vibrací se vyrábějí akcelerometry piezoelektrické, které při kmitání snímají polohu seismické hmoty vůči svému pouzdru. Tenzometrické (piezodoporové) zjišťují změnu fyzikálního napětí nosníku při kmitání hmoty. Tepelné mají ohřívanou seismickou hmotu na nosníku v komoře s teplotně vodivým plynem a teplotními senzory. Kapacitní senzor pracuje na změně kapacity při pohybu seismické hmoty vůči elektrodám [36].

Pro 2D a 3D měření, tedy pro měření v osách  $x, y$ , popř.  $z$ , se používají kapacitní akcelerometry se seismickou hmotou v podobě elektrody, připevněnou pružinkami. Kapacita se určuje v závislosti na vzdálenosti pohyblivé elektrody od pevných snímacích elektrod. Akcelerometry bývají umístěné na základní desku jako mikroelektromechanické systémy (MEMS) [36].

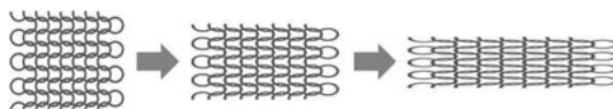
## 6.2 Gyroskopy

Gyroskopy měří úhlovou rychlost, tedy to, jak rychle se těleso otáčí podle určité osy. Narozdíl od akcelerometrů nejsou ovlivněny gravitací Země. Na osách  $x, y, z$  jsou výsledky vyhodnocovány jako otáčky za minutu či stupně za sekundu. Používají se u herních aplikací, zařízení snímajících a kopírujících lidský pohyb, ale i při vesmírné, letecké a podmořské navigaci. Gyroskopy mívají analogový nebo digitální výstup a vyrábějí se nejčastěji jako jedno- a dvouosé [35].

## 6.3 Textilní senzory

Textilní senzory pohybu mají oproti senzorům z pevných netextilních materiálů tu výhodu, že jsou jednodušejší integrovatelné do oděvu, mají lepší fyziologické vlastnosti, nebrání pohybu a oděv lze udržovat lépe než s tuhými snímači. Tyto senzory se natahují při ohybu (v koleni, lokti a dalších pohyblivých částech lidského těla) a na základě toho vydávají data o pohybu. Snímají pohyb ve sportu, medicíně, rehabilitaci a jsou schopny rozpoznávat gesta. Vyrábějí se jako pleteniny z elastických a elektricky vodivých vláken, pokrytých vodivými polymery nebo plněných uhlíkovými částicemi. Nevýhodou jsou však slabé odezvy, nízký rozsah a hystereze [34].

Po natažení se mění topologie spojení (obr. 60), a tím se mění odpor. Vodivá vlákna jsou pletena ve volném stavu a odpor na obou koncích je úměrný jejich délce. Při natažení textilie s více vodivými nitěmi se prostor mezi vlákny zúží a dojde ke kontaktu jedné nitě s ostatními. Mezi nitěmi vznikají paralelní vodivé cesty, jimiž prochází proud a odpor se snižuje. Změna odporu není lineární se změnou úhlu (například ohybu nohy v koleni). Po opakovaných experimentech s materiálem se dá přijít na hodnoty, které odpovídají jednotlivým pozicím, a z toho pak provádět vyhodnocení u dalších snímačů. Existuje i senzor detekující změny prostupu světla látkou v nataženém stavu, jenž je zatím ve fázi prototypu [23,34].



Obr. 60: Textilní senzor natažení [23]

## 6.4 Příklady snímačů pohybu

Oděvy reagující na pohyb se uplatňují ve sportu, rehabilitaci, ale mohly by sloužit i pro zlepšování komunikace (převádění znakové řeči). V cyklistice a lyžování signalizují směr. LED na zadním dílu bundy a na rukávech se ovládají spínači na rukávu, nebo se mohou rozsvítit při pohybu ruky. Příkladem piezorezistivního senzoru je Knee Sleeve (obr. 61), návlek s vlákny z polypyrolu reagující na ohyb v koleni. Pevná zařízení jsou schována na boku návleku ve speciální kapse. V předdefinované hodnotě odporu závislé na úhlu ohybu je vyluzován zvuk, který varuje nositele jako prevence před zraněními. Návlek pomáhá i pacientům při rehabilitaci. Sensorický oděv s křemíkovými vlákny s rozptýlenými uhlíkovými částčkami (obr. 62) vyvinula univerzita v Pise. Vlákna o stejném složení jsou na oděvu použita i na vytvoření vodivých cest mezi jednotlivými senzory [34,37].



Obr. 61: Senzor ohybu Knee Sleeve [34]    Obr. 62: Oděv monitorující pohyb ruky [37]

## **7 Integrace komponent do oděvu**

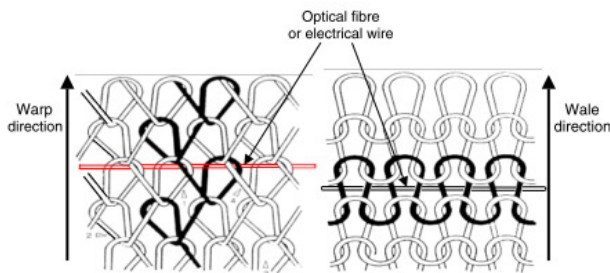
Integrace elektronických komponent do oděvu ovlivňuje jeho nositelnost, komfort, ale i estetickou stránku. Je nutné brát v potaz tělesnou ergonomii, funkčnost, technologii, materiály a dopad na životní prostředí. Komponenty nesmí být moc rozměrné, těžké a nesmí bránit pohybu. Integrace nastává v několika úrovních. Oděv může sloužit pouze jako nositel elektroniky, elektronika může být trvale včleněna do oděvu a nebo dokonce přímo do struktury textilního materiálu. První úroveň je například vložení zařízení do kapes, druhou propojení pomocí připojitelných modulů a třetí integrace do struktur (např. tkané displeje). Existuje ještě další úroveň, a to transformace samotných komponent na plně textilní struktury, tedy aktivní vlákna, která mohou sloužit jako tranzistory nebo diody [24,25].

Textilní vodivé dráhy jsou s materiálem spojeny vyšíváním, tkaním, pletením, s použitím adhezních netkaných textilií, tiskem drah přímo na substrát nebo nalepením tvarovaných drah z vodivé textilie. Elektronická zařízení se na textilií připevňují šitím, lepením, vkládají se do speciálních kapes nebo se dají vytvořit rozebíratelné spoje pomocí druků či velcro pásku.

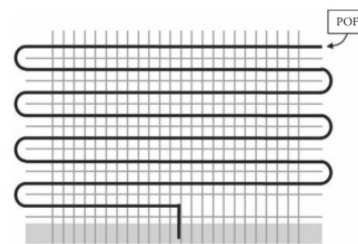
### **7.1 Integrace vodivých struktur**

#### **7.1.1 Pletení**

Integrace optických a elektricky vodivých vláken do základní struktury zátažných nebo osnovních pletenin není vhodná vzhledem k ostrým úhlům, kterým jsou vystaveny nitě v pleteninách, a nadměrnému mechanickému namáhání. Kvůli kritickému ohybu dochází k velkým ztrátám optického signálu a mechanickým deformacím nití. Je však možné integrovat je do pletenin jako nitě podložené, tedy rovně proložené smyčkami zátažné i osnovní pleteniny (viz obr. 63), kde se nit tolik neohýbá. Po umístění optických vláken do struktury pleteniny se získá optická síť. Vlákna se integrují kontinuálně v podobě spirály (obráz. 64) [24].



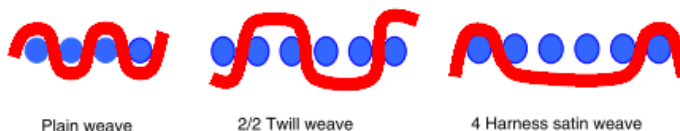
Obr. 63: Speciální vlákna integrovaná do osnovní a zátažné pleteniny [24]



Obr. 64: Integrace optických vláken v podobě spirály [23]

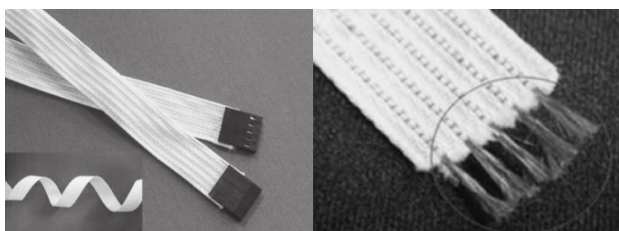
### 7.1.2 Tkaní

Ve tkaných strukturách vlákna nepodléhají takovému ohybu jako u pletenin. Ze tří základních vazeb – plátnové, keprové a atlasové – jsou nitě zakřiveny nejméně ve vazbě keprové vzhledem k menšímu počtu křížení osnovních a útkových nití než v plátnové vazbě. U vazeb se 2 osnovními a 2 útkovými vaznými body (resp. 4 a 4) dochází ke křížení po větším počtu nití, z čehož také vyplývá menší zakřivení než u vazby atlasové (obr. 65). Z tohoto důvodu je nejlepší integrovat speciální vlákna právě do této vazby [24].



Obr. 65: Zakřivení nití v plátnové, keprové a atlasové vazbě [24]

Vyrábějí se pásy, v nichž jsou vodivé nitě (bývá jich 3 až 5) vedené ve směru osnovy odděleny několika nevodivými nitěmi například z polyesteru (vzdálenost cca 2,5 mm), aby nedocházelo ke zkratům. Útek je tvořen nevodivými vlákny. Na obrázku 66 jsou dráhy od The Smart Wear Research Center z Yonsei University. Kovová vlákna pokrytá teflonem mají lepší izolační schopnosti a nedochází k elektrickému rušení [23].



Obr. 66: Vodivý pás [23]

### 7.1.3 Netkané textilie

U netkaných textilií je způsobem integrace vodivých nebo optických vláken přímo do struktury textilie jejich vložení mezi vrstvy adhezního netkaného nánosu. Ten slouží zároveň jako izolace od okolního prostředí. Vlákná mohou být orientována rovně nebo s minimálním zakřivením [24].

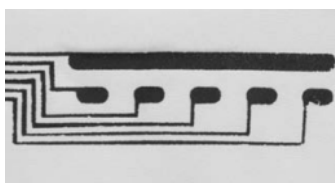
### 7.1.4 Vyšívání

Vyšívání vodivých nití na textilní substrát se provádí ručně nebo programovatelnými vyšívacími stroji, a to na tkaniny, pleteniny i netkané textilie. Výhodou je, že dráhy mohou mít libovolný tvar a není zapotřebí složitých zařízení v porovnání s vetkáváním vodivých nití přímo do struktury textilie. Nevýhodou je ale rázové mechanické namáhání a tření nití při vyšívání, takže je nutné, aby měla vodivá nit dostatečnou pevnost. Řešením je umístit vodivou nit do spodní cívky, kde nepodléhá takovým podmínkám. Vyšívají se nejenom vodivé dráhy, ale i samotné senzory nebo elektrody [25].

### 7.1.5 Tisk

Vodivé nánosy (obr. 67) se na textilním substrátu mohou vytvořit tiskem polymerních či kovových filmů nebo chemickým pokovováním. Problémem je nesouměrnost nanesené vrstvy, která může být částečně absorbována vlákny podkladové látky a dále ohyb materiálu, jenž může vést k diskontinuitám ve vodivosti nanesené vrstvy. Nánosy s kovovými částčkami bývají často tuhé a praskají [25].

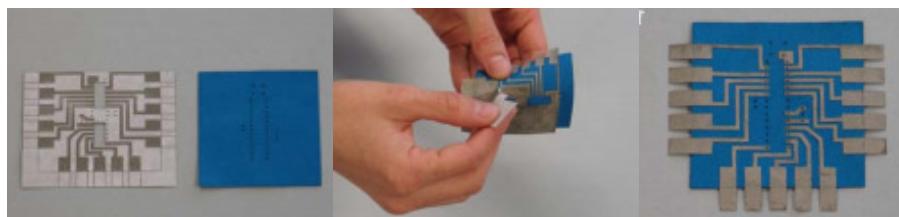
Jedním z postupů aplikace vodivých nánosů je nanesení vrstvy vodivého materiálu na celou plochu látky. Poté se určitá místa látky pokryjí maskou. Na nepokrytých místech vodivý materiál ve styku s leptavou látkou degraduje. Jiným postupem je pokrytí podkladového materiálu polymerem a vystavení těch částí, u kterých je požadovaná vodivost, oxidačním činidlům. Tím se vytvoří vzor obvodu [25].



Obr. 67: Vodivý nános pro ovládání textilní klávesnice [23]

### 7.1.6 Lepení a nažehlování

Technikou lepení (bonding) se propojují dva heterogenní materiály – vodivý a nevodivý. Používají se vodivé pokovované látky, které jsou přesně vystřiženy do vzoru zvoleného obvodu a poté přilepeny a nažehleny na nevodivý materiál. Na takovou strukturu lze nalepit další krycí materiál, který slouží jako ochrana například při praní. Problémem je však precizní vystřížení vodivého vzoru, pro které je tedy nejlepší používat laser. Obrázek číslo 68 zobrazuje postup při vytváření těchto drah. Prvním krokem je připevnění oboustranně adhezivního materiálu (z jedné strany krytého papírem) k vodivé textilii. Materiál se umístí do laserového katru papírovou stranou nahoru a vyřeže se do něj vzor obvodu. Výřez je proveden skrz papírovou krycí vrstvu a adhezivum, ve vodivé vrstvě se provedou pouze rýhy. V místě vodivých drah se odstraní podkladový papírový materiál a celá plocha se vyrovná na textilii a zažehlí. Přebytečný okolní materiál se poté odtrhne [23,38].



Obr. 68: Postup výroby lepených vodivých drah [38]

## 7.2 Integrace pevných elektronických komponent

Kromě integrace vodivých drah, které propojují jednotlivé komponenty elektronického systému, je zapotřebí zaměřit se i na propojení mezi těmito drahami a samotnými komponenty – bateriemi, mikrokontroléry, diodami a dalšími prvky. Existují pro to různé metody jako našívání vodivou nití na textilii, lepení, pájení, svařování atd. Vznikají spoje nerozebíratelné, jimiž jsou zařízení připevněna k textilii permanentně a spoje rozebíratelné, které se používají v případech, kdy je nutné elektroniku před praním z textilie odstranit [25].

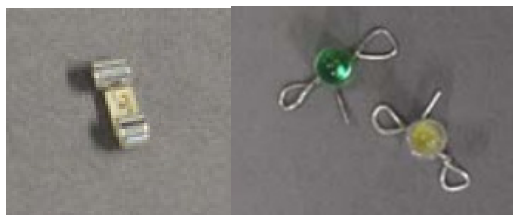
### 7.2.1 Permanentní spoje

Nerozebíratelné spoje se mohou na úrovni DIY výroby tvořit tak, že jsou vývody elektronických zařízení obšity vodivou nití (viz obr. 69) a je tak dosaženo jejich fyzického propojení s textilií a zároveň napojení na vodivé dráhy. Některá zařízení bez

potřebných konektorů pro integraci do textilií se opatřují „poutky“, která se s danou textilií propojují šitím. Na obrázku 70 je zařízením SMD dioda, ke které jsou připájena kovová očka, jimiž je poté vedena vodivá nit. Obrázek také ukazuje zatočení vývodů klasické LED pro našití na textilií. Tyto postupy jsou dostačující pro výrobu prototypů, nicméně pro hromadnou výrobu elektronických textilií se vzhledem k nízké kvalitě elektrického spojení nehodí. Vhodnější volbou je aplikování zařízení vyrobených přímo pro tento účel, která jsou použita na výrobu oděvního výrobku i v této práci [38].



Obr. 69: Propojení vývodů zařízení a vodivých drah šitím [39]



Obr. 70: DIY konektory u SMD a LED [38]

Pájení se kvůli k toxicitě tavených materiálů (olovo, cín) nehodí pro přímý kontaktu s pokožkou. Poskytuje však velmi pevný a vysoce vodivý spoj. Elektricky vodivá lepidla jsou taktéž vysoce vodivá a narozdíl od pájení netoxická. Spoje mají vysokou trvanlivost.

### 7.2.2 Rozebíratelné spoje

U oděvů s pevnými zařízeními, která se nedají prát, se musí zajistit taková spojení, která jdou rozebrat a zařízení se tak dají vyjmout z oděvu. Použití rozebíratelných spojů vede k mnohem větší volnosti při výběru komponent. Na oděv se mohou vodivými nitěmi našít destičky se zdířkami, do kterých se zapojují programovatelné mikrokontroléry. Obrázek 71 zachycuje zásuvku pro mikrokontrolér se 40 piny. Spoje vodivých drah a komponent je vhodné na rozhraní zpevnit elastickým vodivým lepidlem [38].



Obr. 71: Destička se zdířkami pro zapojení mikrokontroléru [38]



Druky se k vodivým drahám pájí nebo se dráha může umístit mezi vrchní a spodní vrstvu druku a látku, se kterou se poté spojí. Nevýhodou je poměrně slabý kontakt mezi druky a drahami, jenž se dá zlepšit tak, že se vodivá nit sevřená pod drukem vyšije do tvaru kruhu. Zvětší se tak kontaktní plocha mezi dráhou a drukem (obr. 72) [40].



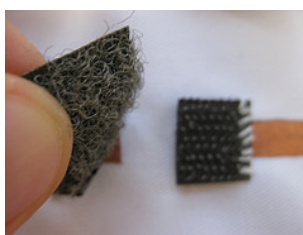
Obr. 72: Ukončení vodivých drah druky [40]

Alternativou druků jsou patentky (obr. 73), jejichž očka se prošívají vodivou nití. Tento spoj je však v porovnání s aplikací druků zdlouhavější. Řada Fabrickit obsahuje třícestnou vodivou stuhu a předpřipravené spojovací moduly s patentkami, které se k vodivé stuzě připájejí. U propojení vodivým velcro páskem (obr. 74) je nutné uvažovat nad pevností spoje vzhledem k váze komponent [41].



Obr. 73: Ukončení vodivých drah našívacími patentkami [39] a řada Fabrickit [41]

Vyrábějí se různé druhy konektorů, které by se pro účely nositelné elektroniky daly také využít. Dají se nasadit na kovové drátky, ale s textilními vodivými nitěmi se dají propojit zpravidla obtížně. V této práci je použit JST konektor pro připojení baterie ke zdrojovému komponentu.



Obr. 74: Ukončení drah vodivým velcro páskem [39]

# EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

## 8 Oděvní návrh inspirovaný futurismem

K vytvoření kolekce oděvů vycházejících z určitých tendencí je třeba plně pochopit souvislosti, které daný směr determinují a které měly vliv na vývoj vizuální kultury tehdejší společnosti. Specifická atmosféra období na začátku 20. století dala vzniknout mnoha uměleckým směrům, ne všechny však byly tak výrazně profilovány jako právě futurismus. Odmítáním všeho starého se tento proud snažil vymanit od svazujících historismů, pohrdáním konvencemi se chtěl posunout dále ve vývoji nových myšlenek a technických zařízení.

Oděv inspirovaný futurismem (ve slova smyslu uměleckým a životním směrem) by měl reagovat na myšlenkové proudy směru a z nich vycházející umělecké projevy. Měl by pojímat základní rysy výtvarné stylizace. V obecné rovině futurismu jako něčeho budoucího je třeba zhodnotit vývoj daného produktu a konfrontovat jej se soudobými snahami. Z těchto skutečností pak lze vycházet při tvorbě kolekce. Sám návrh oděvu inspirovaného futurismem je v podstatě proti jeho základním pravidlům (využívá historických odkazů), nicméně jeho tvarosloví a některé myšlenky pravděpodobně budou i pro současnou generaci ještě nějakou dobu futuristické.

Cílem práce je vytvořit futuristický návrh kalhot. Kalhoty jsou v dnešní době jako oděvní prvek mužské i ženské módy poměrně univerzální. V současnosti plní převážně funkční úlohu, kdy tvoří tzv. basics – základ šatníku, který je jednoduše kombinovatelný s ostatními kusy oděvu. Úloha společenská a reprezentativní povětšinou náleží oděvům vrchní části těla, popřípadě sukním u žen. V průběhu historie však tato skutečnost ne vždycky zcela platila, některá období kladla na vzhled kalhot vysoký důraz. Mužské okázale nabírané nohavice budily pozornost vyšší než kabáty a košile. Od Velké francouzské revoluce však postupně docházelo k zcivilnění a zjednodušení kalhot, až okázalost této oděvní součásti zcela vymizela. Ženy v rámci své emancipace přijaly kalhoty ve své jednoduché formě, která se do dnešních dob nezměnila tak výrazně, jako tomu u mužů docházelo v průběhu jednotlivých historických etap. Nástup jeansů, ačkoliv různých střihů, zjednodušení kalhot dovršil a do popředí se kromě vzhledu dostaly i pohodlí a praktičnost této oděvní součásti. Většinou jednobarevné kalhoty v odstínech modré, černé, šedé a béžové (tedy poměrně

neutrálních barev) kopírují tvar lidského těla a obsahují prvky, které mají sloužit pro jejich praktické užívání – kapsy, poutka na opasek a jednoduché zapínání na knoflíky nebo zdrhovadlo. Zpravidla bývají plně symetrické a kromě stříhového členění, výšivek, druků a dalších běžných materiálů užívaných v oděvnictví neobsahují žádné další zdobné prvky. Na tuto skutečnost reaguji ve svém návrhu, který je snahou o znovuoživení kalhot jako plnohodnotné oděvní součásti s dekorativními prvky, které se dostávají do popředí. Vytvářejí z kalhot nositelnou skulpturu, tedy umělecké dílo, což byl i jeden z požadavků futuristů na jednotlivé součásti oděvů.

Futuristický koncept se od dnešních oděvů v mnoha ohledech liší, jak lze vyčíst z kapitoly o odívání tohoto období. Při tvorbě návrhu jsem vycházela z myšlenek hnutí a tvarosloví, které umělci používali jako vyjadřovací prostředky ve svých dílech. Tyto podněty jsem podpořila začleněním elektronických součástí, jež představují výhled něčeho budoucího pro současnou generaci. U návrhu je více než na praktičnost a komfort kladen důraz na estetickou stránku, funkci zábavnou a interaktivitu.

Základem je tedy určit cílovou skupinu, pro niž jsou kalhoty určeny. Vzhledem k podstatě projektu je zřejmé, že jí bude „mladá“ generace. Toto vymezení nelze zcela přesně věkově ohraničit, závisí na vlastnostech konkrétních osob. Mladí lidé jsou největšími konzumenty na trhu s oděvy a největší množství oděvních značek se orientuje právě na ně. Mají vysokou kupní sílu a řídí se trendy, které se často obměňují. Tato skupina lidí, silně ovlivněna technickými vymoženostmi, přijímá novinky oděvního průmyslu se značnou rychlostí. Zmíněná skutečnost se slučuje i s myšlenkami futuristů. Oděvy pro mladé zákazníky jsou variabilnější než oděvy pro starší generaci a obsahují více čistě módních prvků. Z těchto důvodů jsou kalhoty určeny právě jim, a to konkrétně ženám. Futuristé považovali ženy za ne tolik hodnotné, jako jsou muži. Ačkoli tento názor hojně prosazovali, považují tyto myšlenky za určitou pózu, která měla zdůraznit oslavu mužství, síly a s ní spojené revoluce a násilí. Při návrhu futuristických kalhot pro ženy jsem tyto aspekty futurismu (vyzdvihování války a jejích derivátů) nebrala v úvahu. Nepoužila jsem ani signifikantní výrazně kontrastující barvy, neboť oděv nemá za účel vyvolávat agresi.

Zaměřila jsem se na dobové tvarosloví. Futuristé byli fascinováni pohybem. Zobrazované věci, velmi často abstraktního rázu, se ve svých dílech snažili zachytit s nepřehlédnutelnou dynamikou a rychlostí. V malířství nebo v architektonických návrzích si v tomto ohledu pomáhali používáním ostrých hran a prudkých linií. Věci prodírající se prostorem se jakoby proměnily ve špičaté štíty rozrážející vzduch.

Objekty byly zobrazovány z mnoha úhlů a perspektiv a podle trajektorií pohybu se rozkládaly na za sebou jdoucí sekvence. Tento princip je zřetelný i v návrhu oděvu, kdy jsou určité části zmnoženy ve snaze napodobit pohyb. Jsou v něm použity zašpičatělé části, které jako by chtěly proniknout do prostoru kolem nich a spojit se s ním. Kalhoty použitou geometrií modelují ženské tělo. Použitá asymetrie koresponduje s futuristickou snahou oprostit se od ustálených zvyklostí.

V návrhu je kladen důraz hlavně na futuristické nadšení pro věci budoucí, zejména techniku. Již futuristé ve svých manifestech uvažovali o používání nekonvenčních materiálů v oděvnictví a zapojení elektronických součástí do oděvu. Vymysleli svítící obleky, klobouky zvukové, telefonní, proti elektromagnetické radiaci a podobně. Připisovali oděvu další funkce nad rámec běžného smyslu odívání. Návrh reaguje na představy hnutí propojením oděvu s dnešními technologiemi a poznatky. Kalhoty mají ve své struktuře začleněny elektronické komponenty – akcelerometr, zdroj napájení, spínač, ovládací jednotku a světelné diody (LED), které emitují světlo interaktivně při pohybu nositele, což vyzdvihuje jeho nezměrný význam pro futuristy. Toto vyvolává optické, ale i emocionální vjemy z oděvu. Podporuje princip simultaneity, podle které má dílo působit současně na smysly a pocity člověka a vyvolávat určitou atmosféru. Světelná funkce oděvu umožňuje jeho větší proniknutí do okolní hmoty prostoru. Zintenzivňuje dojmy spojené s jeho nošením a umocňuje jeho zábavnou a estetickou funkci. Pro mladou generaci plní tyto vlastnosti základní požadavky na oděv a nové funkce oděv ztraktivňují. Zapojení diod představuje předpoklad budoucího rozvoje oděvů. Budou zastávat nové funkce a používat nové materiály. Již několik let se diskutuje o elektrifikaci běžných oděvů v nejbližší budoucnosti. Kdyby futuristé disponovali materiály, které byly v průběhu posledních desítek let vyvinuty, pravděpodobně by oděvní elektrifikace na té nejobecnější rovině byla již dávno běžnou záležitostí. Zmíněná nejbližší budoucnost se již neobejde bez elektronických přístrojů, které budou pronikat do čím dál tím základnějších principů společnosti a na tyto představy návrh reaguje.

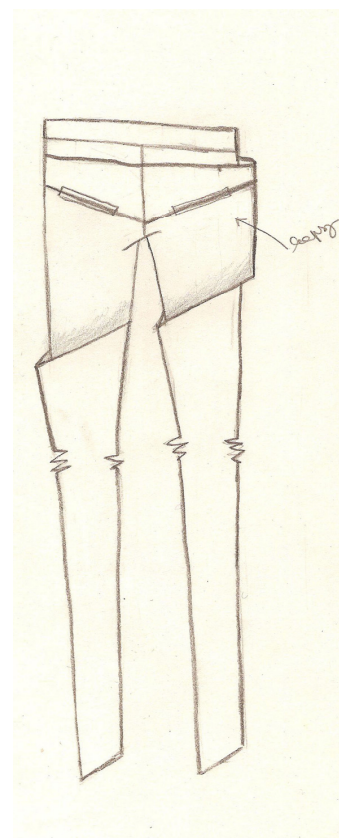
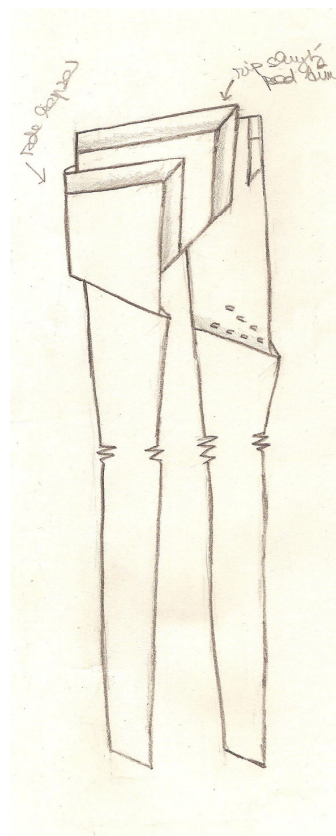
Kalhoty jsou určeny na příležitostné nošení, neboť i dnes, kdy pokrok ve vývoji materiálů začlenitelných do oděvů na běžné nošení dosáhl vysokého stupně, je třeba pořád dbát zvýšené opatrnosti při jejich užívání. Ačkoliv se vědci intenzivně snaží o jejich zplnohodnotnění, dnes běžně užívané textilní materiály mají pořád navrch, co se týče užitných vlastností, zejména životnosti. Sami futuristé však u svých oděvů právě nízkou životnost požadovali. Chtěli jí povzbudit průmyslovou výrobu. Podle mého

názoru a osobních zkušeností je tento trend, i když se o něm nemluví, zcela aktuální vzhledem k ekonomickým důvodům textilních společností. Další pohnutkou futuristů pro nízkou trvanlivost oděvů bylo neustálé doplňování šatníku a s tím spojenou potěchu z něčeho nového. I tento trend je v dnešní době neoddiskutovatelně aktuální. Přestože jsem při realizaci kalhot s elektronickými prvky použila materiály, které dosáhly vysokého stupně vývoje, je v rámci funkčnosti třeba uvažovat i nad možnostmi malosériové výroby vůči velkým textilním koncernům s úzce specializovanými výzkumnými pracovišti, jimž se malá výroba ve smyslu pokrokovosti jen zdaleka může vyrovnat.

Vytvořila jsem kolekci pěti kusů kalhot, které vycházejí z výše uvedených principů a inspirací. Jsou barevně laděné do šedé barvy, což je sice v rozporu s barevnými preferencemi futuristů, nicméně cílem není slepě kopírovat veškeré tendence směru. U kalhot je navržen digitální tisk, jenž v podobě šedého gradientu zdůrazňuje určité části střihu a vytváří tak optický klam prvků vstupujících do prostoru. Zaměřila jsem se na dobové tvarosloví a interaktivní funkci kalhot. Každý návrh má na levé nohavici umístěných sedm modrých LED, které se rozsvěcují při pohybu nositele. Při jednorázovém pohybu diody blikají najednou, při spojitém dlouhodobém pohybu blikají za sebou od první po poslední.

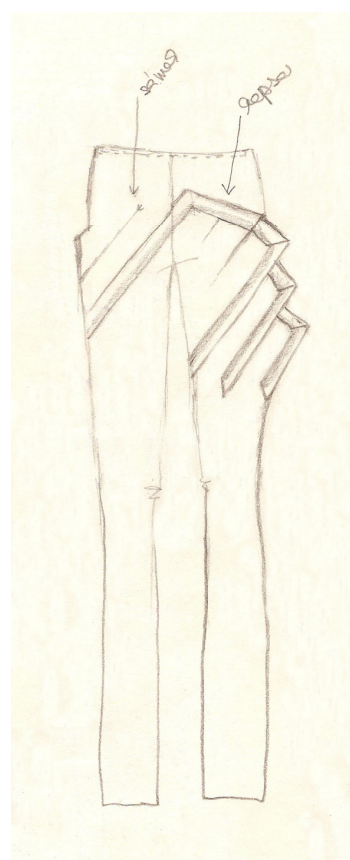
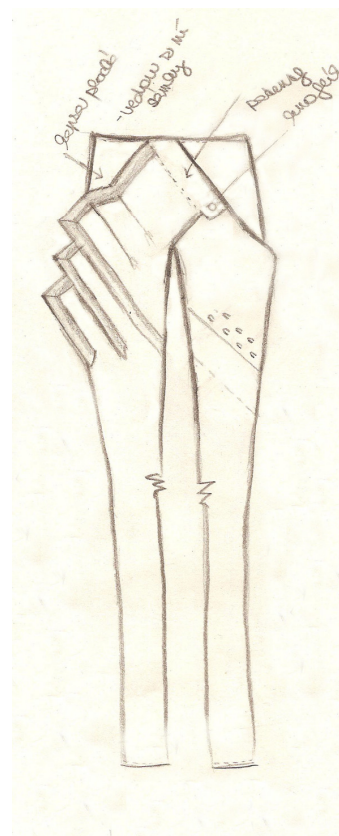
Umístění elektronických komponent bylo nutné vyřešit s přihlédnutím na stavbu a dynamiku pohybu lidského těla. Komponenty tedy nebylo možno umístit na zadní stranu kalhot, neboť by si osoba nemohla sednout, dále také do místa kyčlí, kde se materiál při sedu a pohybu krčí a komponenty by nejen že neměly potřebnou oporu, ale vadily by samotnému pohybu. Ze studie stavby a pohybu lidského těla byla jako nejlepší místo vybrána přední část nohavice v oblasti stehna. Komponenty zde mají dostatečnou oporu a nevadí pohybu. Přímě do předního dílu kalhot jsou vsity LED, které jsou propojeny vodivými nitěmi. Ty jsou zakončeny patentkami, ke kterým se přicvaknou další komponenty, připevněné na odnímatelné vsadce. Tyto komponenty jsou spolu s vsadkou připnuty do vnitřní části nohavice a v případě potřeby je možné je odepnout. Ačkoliv výrobce garantuje pratečnost elektronických komponent, doporučuji je před praním odepnout, neboť je vždycky možnost, že se mohou poškodit. Výměna diod našitých přímo na nohavici nepředstavuje takový problém jako výměna například základní desky Arduino.





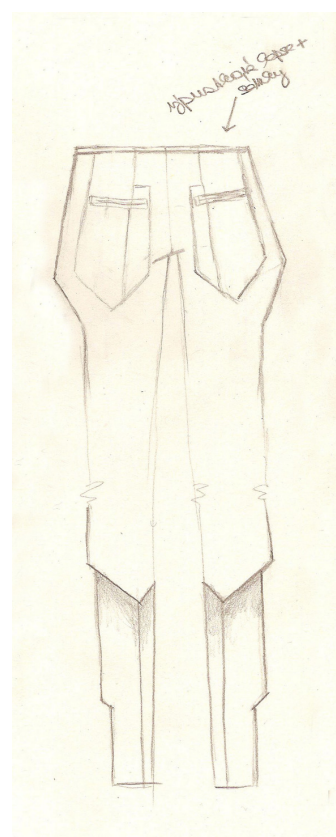
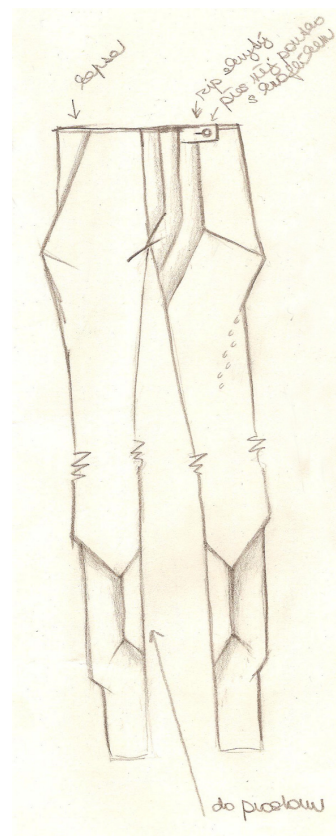
Obr. 75: Návrh č. 1 se skicami PD a ZD





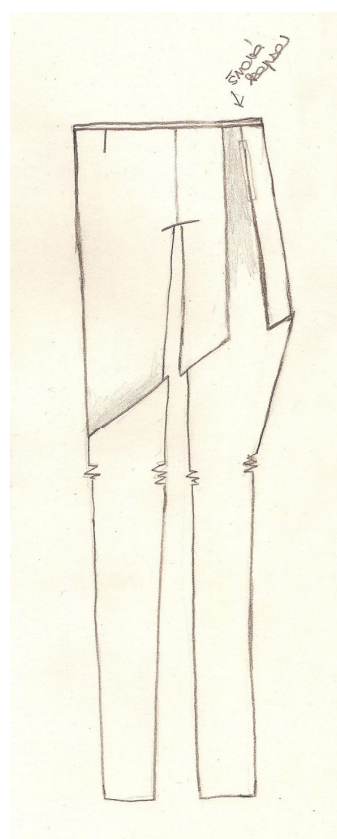
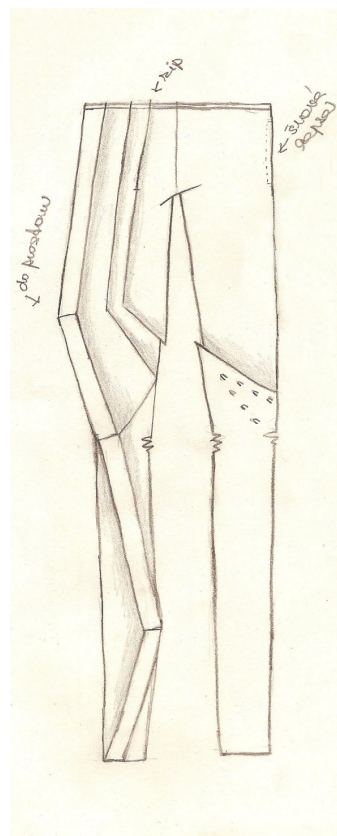
Obr. 76: Návrh č. 2 se skicami PD a ZD





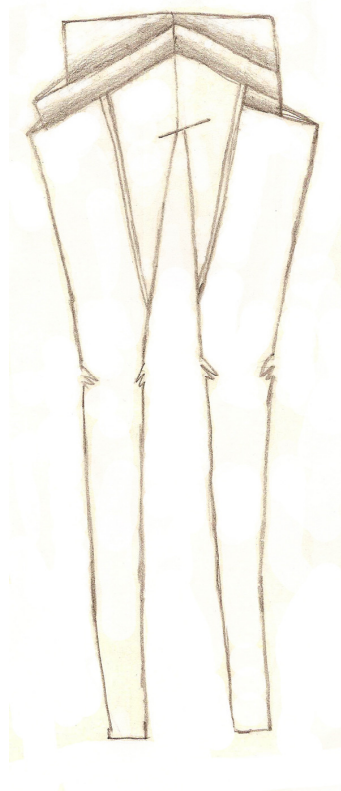
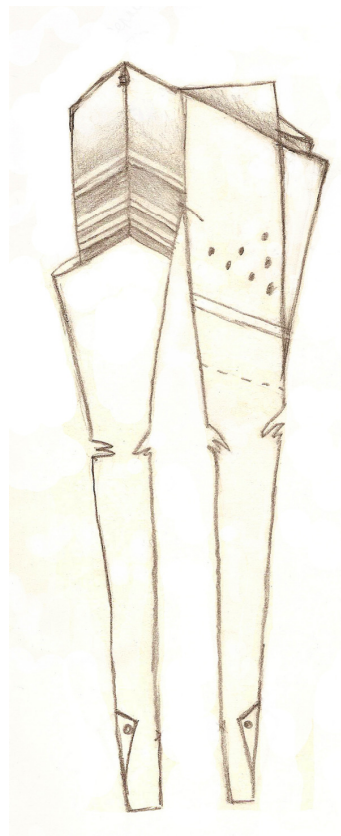
Obr. 77: Návrh č. 3 se skicami PD a ZD





Obr. 78: Návrh č. 4 se skicami PD a ZD

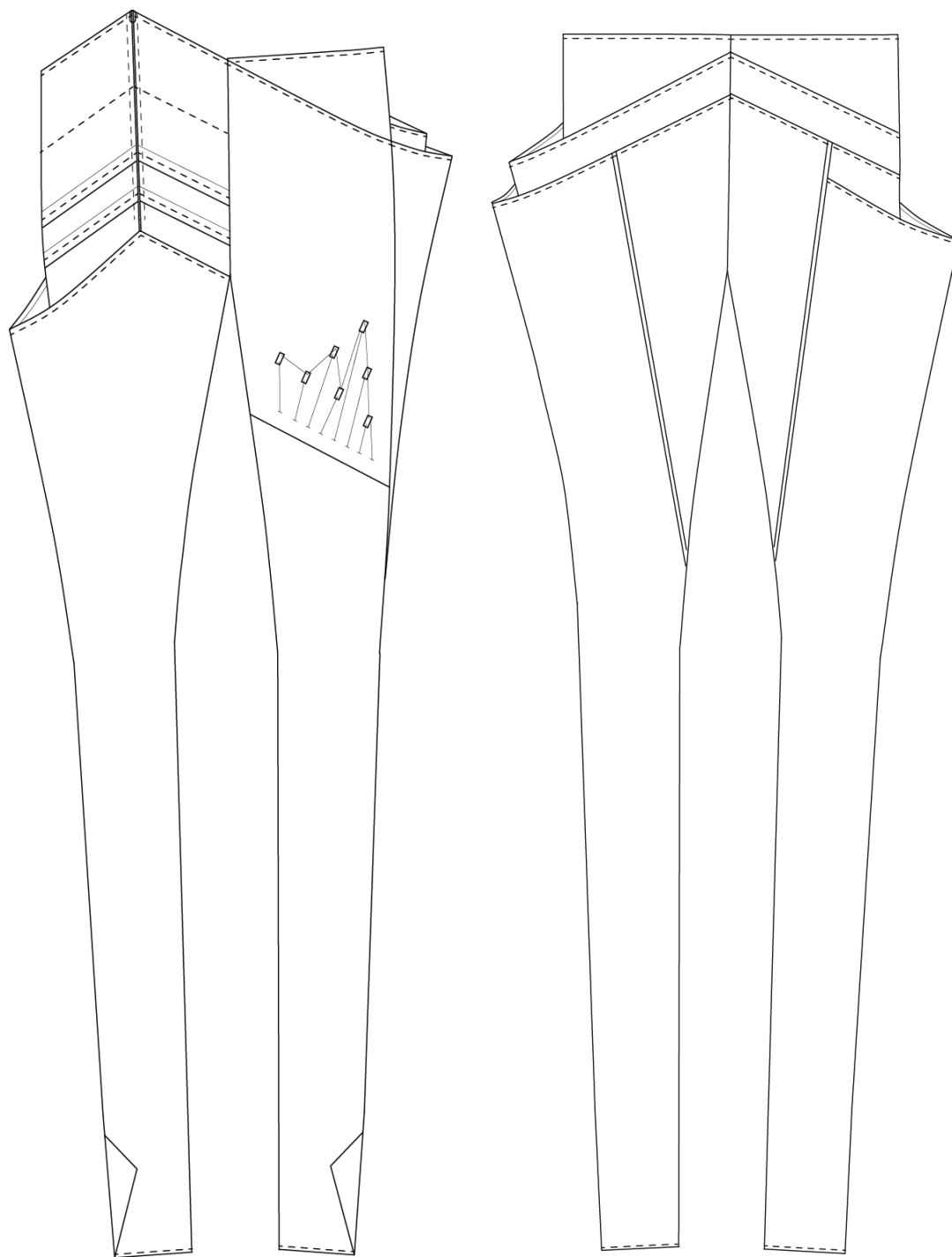




Obr. 79: Návrh č. 5 se skicami PD a ZD

Pro potřebu práce jsem rozpracovala jedny kalhoty, a to konkrétně poslední zobrazený návrh č. 5 (obr. 79) od prvotní skici až po hotový výrobek. Vytvořila jsem technický nákres a popis, sestrojila jsem základní konstrukci, provedla modelovou úpravu, navrhla technologii vyhotovení a zapojení elektronických komponent, vytvořila vzor pro digitální tisk a nakonec jsem oděv zhotovila.

## 8.1 Technický nákres



Obr. 80: Technický nákres PD a ZD

## 8.2 Technický popis

Dámské asymetrické sedmiosminové kalhoty se zapojenými elektrosoučástkami, kornoutovými kapsami, v dolním kraji bez manžet. V pasové linii a v rozparku jsou zakončeny vyztuženou podsádkou.

**Přední díly:** Levý přední dílec je dělen sedlem, šev je prošit v šíři 5 mm. Ve stehenní oblasti je členěn s vytvořením otvoru pro umístění elektronických komponent, který se zapíná na pět patentek. Komponenty jsou připevněny na přídatné vsadce, která je do vnitřní částí kalhot přichycena pomocí devíti kovových patentek na vrchním okraji a čtyř patentek přichycujících díl ke švovým záložkám bočního a krokového švu. Ve stehenní oblasti nohavice je našito sedm diod, které jsou propojeny dráhami z vodivých nití.

Pravý přední dílec je v pasové linii tvarován do špičky a v jeho středu je vypracován dotykový švový rozparek na zdrhovadlo. Na obou stranách jsou vytvořeny dva sámký o šíři 10 mm. Dílec je stříhově členěn s vytvořením kornoutové kapsy, která přechází do zadního dílu. Kapsový váček je dvoudílný. Podkladová podsádka je přinechaná k vrchní části předního dílu a otvorová podsádka je tvořena podšívkou. Obě části přecházejí v kapsový váček, začištěný obnitkováním. Průhmatový kraj kapsy je prošit v šíři 5 mm. V dolní části obou nohavic je přinechaný ozdobný stříhový prvek.

**Zadní díly:** Levý zadní dílec je stříhově členěn za vzniku dvou kornoutových kapes. Horní kapsa je včleněna do dolní kapsy. Obě kapsy vedou od bočního švu až do středu zadního dílu, odkud plynule přecházejí v členění zadního dílu.

Pravý zadní dílec je stříhově členěn s vytvořením jedné kornoutové kapsy, která přechází do předního dílu. Švy spojující díly jsou prošity v šíři 5 mm.

Obě nohavice jsou členěny s vytvořením sámků o šíři 10 mm, který směřuje dolů. Otvorové podsádky kapes jsou tvořeny podšívkou. Kapsové váčky jsou dvoudílné, začištěné obnitkováním. Průhmatové kraje jsou prošity v šíři 5 mm.

**Pasový kraj:** Pasový kraj je ukončen pasovou podsádkou, plynule přecházející v rozparkovou. Podsádka je členěná v bočních a středových švech a v rozparkovém švu a je celoplošně vyztužena podlepením. Dolní okraje jsou začištěny obnitkováním.

**Dolní kraj:** Dolní kraj je bez manžet, začištěn obrubovacím švem.

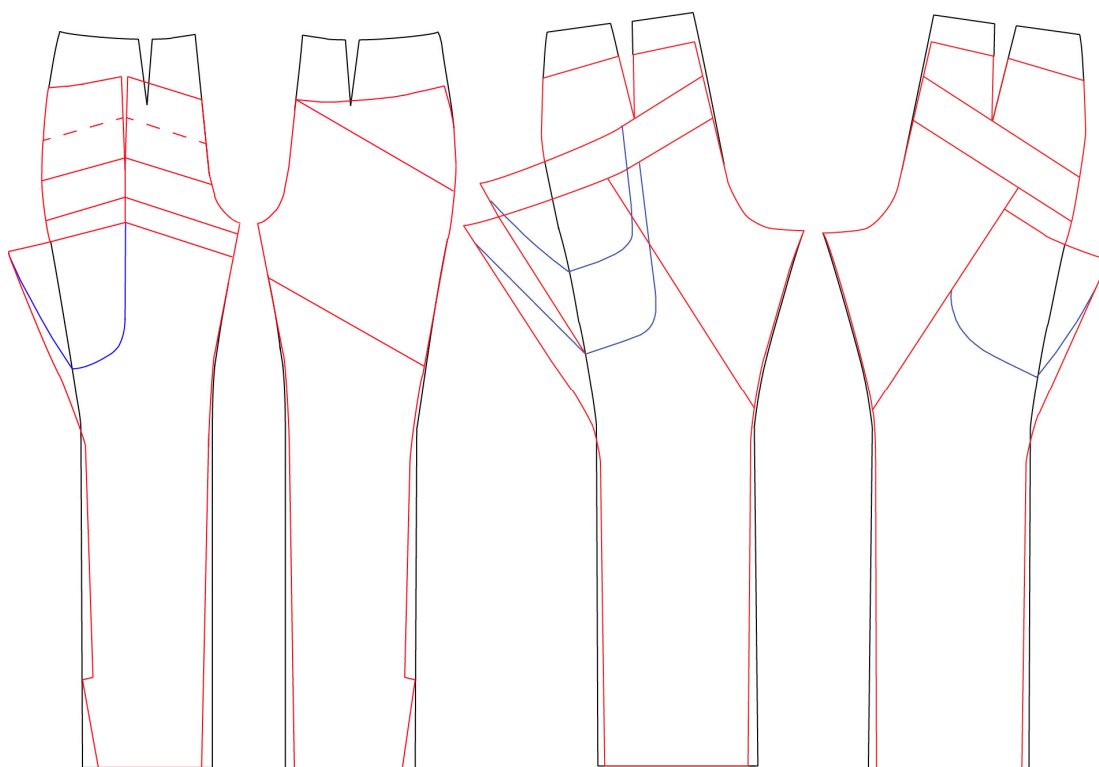
**Švové záložky:** Švové záložky jsou kromě pasové a rozparkové začištěny obnitkováním.



### 8.3 Konstrukce a modelování

Pro konstrukci oděvu byla vybrána metodika Müller&Sohn [42], mimo jiné publikovaná v roce 1997 ve sborníku časopisu Rundschau. Modelace vychází z tvaru stejného úhlu, jenž je použit pro všechny díly. Takové tvarování má za cíl vyvolat představu dynamiky, korespondující s díly futuristů, u nichž zašpičatělé opakující se tvary znázorňovaly rychlý pohyb tělesa v prostoru. Při převodu 3D tvarů do 2D konstrukční sítě je použití tohoto druhu členění při respektování lidských proporcí a naskicovaného návrhu poměrně náročné. Naskicovaný prostorový návrh je zkreslující, neboť u něj není možné docílit přesné představy o tom, jak na sebe budou díly v bočních a středových švech při aplikaci stejných úhlů navazovat. Toto je zřejmé až u dvojdimenzionální konstrukční sítě v reálném měřítku a při zobrazení přesných tvarů jednotlivých dílů. Vzhledem k nutnosti dodržovat pravidla stejných úhlů a návaznosti dílů se tedy musí návrh upravit posunutím některých přímk.

Obrázek číslo 81 zobrazuje základní konstrukci a do ní provedenou modelaci kalhot vyhotovenou v programu Adobe Illustrator. Tělesné rozměry, ze kterých jsem vycházela při tvorbě konstrukce, jsou uvedeny v příloze.



Obr. 81: Základní konstrukce a modelace

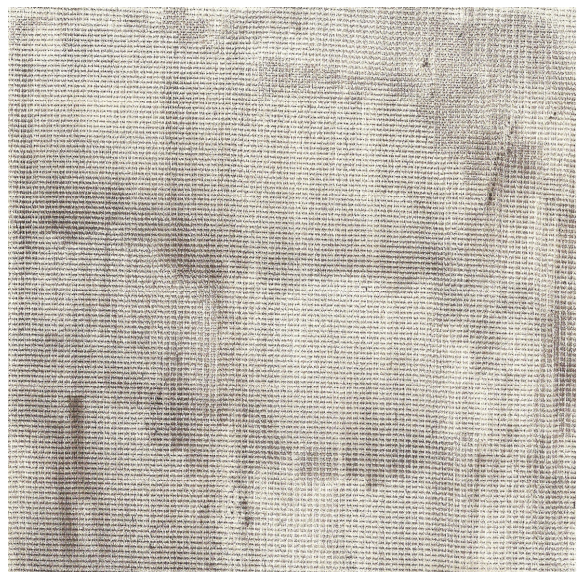
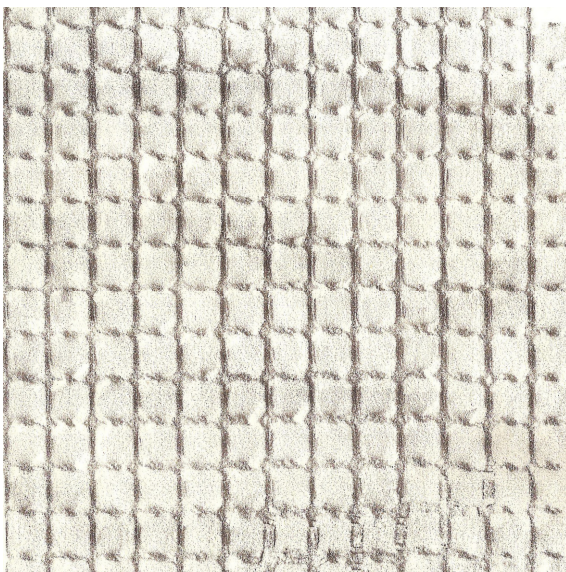
## 8.4 Digitální tisk

Vzor pro digitální potisk je vytvořen technikou frotáže, tedy tak, že se přes různé reliéfní struktury položil papír a vzor se na něj otiskl šrafováním měkkou tužkou přes podložku. Jako podklady byly použity různé druhy materiálů s opakujícími se plastickými vzory, jako jsou různé textilie, smirkový papír s hrubým zrnem, kovová mříž či papírový karton. Vystupující reliéf převedený na dvojrozměrnou textilií znázorňuje pojetí prostoru plochou. Vzor je umístěný na oděvu tak, že imituje stíny, které jakoby vrhají jednotlivé stříhové díly, což má podpořit prostorový dojem oděvu.

Vytvořila jsem soubor deseti otisků, které jsem poté skenováním převedla do digitální podoby. Pro model byl vybrán první otisk na obrázku 82. Otisk jsem dále upravila v programu Adobe Photoshop, v němž jsem převedla barvy na práh a tím zvýšila kontrast. Poté jsem vytvořila barevný gradient od černé po bílou. Při tisku na šedou textilií bez podkladového bílého inkoustu se plochy, které jsou v gradientu bílé, nenatisknou a výsledkem je přechod od černé po podkladovou šedou, což má za cíl vytvořit plynulý přechod.

Pro tisk byla použita digitální inkoustová tiskárna Brother GT-782 pro přímý potisk s maximálním rozsahem rámečku 40 × 47 cm, jejíž parametry jsou uvedeny v příloze. Poté se natisknuté díly zafixovaly na fixačním pásu horkým vzduchem o teplotě 160 °C po dobu pěti minut.









Obr. 82: Vzory pro digitální potisk



## 9 Použité komponenty a materiály

Pro vytvoření futuristických elektronických kalhot byly použity tyto komponenty a materiály:

Elektronické komponenty:

- LilyPad Arduino základní deska
- LilyPad Akcelerometr
- LilyPad LiPower zdroj
- LilyPad LED 7 ks
- Lithium polymerová baterie

Materiály:

- Vodivá nit
- Kovové patentky

Ostatní:

- FTDI adaptér
- Mini USB kabel
- Nabíječka lithium polymerové baterie
- Multimetr
- Propojovací kabely se svorkami

Použité textilie a drobná příprava jsou popsány v příloze. Kvůli aplikaci digitálního tisku byla jako vrchní textilie použita tkanina složená z 95 % z přírodních vláken (CO) a zbylých 5 % tvoří elastan, jenž je žádoucí kvůli dostatečnému padnutí kalhot a volnosti pohybu při jejich nošení. Vnitřní části kapes jsou tvořeny podšívkou. Nítě přicházející do kontaktu s vodivými drahami jsou z bavlny.

### 9.1 Senzor

Pro monitorování pohybu je v této práci použit analogový tříosý kapacitní akcelerometr ADXL335 s rozsahem  $\pm 3$  g. Jeho spotřeba je cca 350  $\mu$ A, což je dostatečně nízká hodnota pro použití v aplikacích nositelné elektroniky. Samotný akcelerometr má rozměry  $4 \times 4 \times 1,45$  mm a je součástí základní desky s vývody pro jednotlivé osy. Potřebná hodnota napětí je mezi 1,8 a 3,6 V, avšak je uzpůsoben pro

použití se základní deskou Arduino, která pracuje běžně až do 5 V. Akcelerometr dokáže detekovat statickou akceleraci při náklonu i dynamickou akceleraci při pohybu, třesu nebo vibraci. Tyto změny měří ve třech osách  $x$ ,  $y$  a  $z$ . Výstupy jednotlivých os se připojují přímo k analogovým vstupním pinům základní desky Arduino a výstupy s kladným a záporným znaménkem se připojují k ekvivalentním pólům baterie. Na každé z os akcelerometr produkuje 0 až 3 V v závislosti na pohybu. Tento analogový signál se poté vyhodnocuje pomocí LilyPad Arduina [32].

## 9. 2 Aktuátor

Na model jsou použity LED typu SMD, což jsou malé obdélníkové diody se dvěma měděnými kontakty. LED jsou polarizované, a tak je nutno dbát na správný směr jejich zapojení, jinak se nerozsvítí. U běžných LED je kratší vývod záporná katoda a delší vývod kladná anoda. Na záporné části je také jejich obal zploštělý. Použité speciální LED nemají drátové vývody. Jsou připevněny na základní destičce, která je na obou koncích perforovaná a kolem děr je nanesen vodivý materiál. Pólování je na obou stranách natištěné v podobě kladného a záporného znaménka. Parametry použitých LED jsou uvedeny v příloze.

## 9. 3 Vodivé dráhy

Na vytvoření vodivých propojení je použita trojmo skaná vodivá nit (označená *S-69 L69001 'LECTRIC NATURAL 22222 NM*), vyrobená firmou Saunders Thread Company z USA a komerčně dostupná od dodavatele Lamé Lifesaver. Tato nit je doporučovaná například v knihách o smart oděvech *Fashionable Technology* (Sabine Seymour, 2008) nebo *Fashioning Technology* (Syuzi Pakhchyan, 2008). Nit je složená ze syntetických filamentů pokrytých vrstvou stříbra. Podle dodavatele je množství vláken v průřezu přibližně 96 a jemnost je 18 denierů. Uvedená hodnota elektrického odporu je cca 0,65 ohmů na jeden centimetr. Vzhledem k velmi nízké hodnotě odporu je možné propojovat komponenty na větší vzdálenosti. Nit je svými parametry podobná konfekčním nevodivým nitím, pouze je vzhledem k přítomnosti stříbra trochu těžší, a tak je možné používat ji v běžném šicím stroji. Její nevýhodou je poměrně nestálý zákrut, díky čemuž se nit při manipulaci lehce třepí [43].

Na propojení vodivých drah vedoucích od pevně připevněných LED s drahami směřujícími k ostatním odnímatelným zařízením na vsadce jsou použity kovové

patentky. Vzhledem k tomu, že na katedře oděvnictví TUL již byly provedeny zkoušky s ukončením v podobě kovových druků (Bc. Lucie Mizerová, diplomová práce Tvorba vodivých drah u sportovních smart oděvů, 2010 [40]), je v této práci vyzkoušeno propojení drah pomocí jiných prvků.

### 9.3.1 Určení elektrického odporu nitě

#### 9.3.1.1 Elektrický odpor

Před vypracováním vlastního elektronického oděvu je nutno ověřit, zda hodnoty odporu vodivé nitě souhlasí s hodnotami uvedenými dodavatelem. Elektrický odpor je u nití určených pro vedení proudu nejdůležitějším parametrem, neboť při příliš vysokém odporu nedochází k vedení potřebného množství elektrického proudu.

Elektrický odpor  $R$  se určuje mezi dvěma průřezy vodiče, mezi kterými je napětí. Klade jej krystalická mřížka pohybujícím se elektronům, jež vytvářejí elektrický proud. Elektrony přicházejí o kus své energie rozptylem na mřížce, nečistotách a příměsích. Jednotkou elektrického odporu je ohm  $[\Omega]$ . Dobré vodiče kladou odpor v řádech miliohmů  $[m\Omega]$ , méně vhodné vodiče v řádech kiloohmů  $[k\Omega]$  a izolátory kladou extrémní odpor cca v megaohmech  $[M\Omega]$ . Odpor přeměňuje elektrickou energii na tepelnou [26].

Odpor se může změřit anebo vypočítat. U vodičů je vyjádřen Ohmovým zákonem, jenž řeší souvislost proudu  $I$  (jednotka ampér  $[A]$ ) a napětí  $U$  (volt  $[V]$ ). Jeden ohm je tedy roven jednomu voltu lomeno jeden ampér. Shrnutím Ohmova zákona je to, že čím vyšší je odpor, tím nižší je proud [26].

$$R [\Omega] = U [V] / I [A] \quad [26]$$

Odpor elektricky vodivého materiálu jako materiálová vlastnost se vypočítá podle vzorce:  $R [\Omega] = \rho [\Omega m] \times l [m] / S [m^2]$ . Značka  $\rho$  vyjadřuje měrný elektrický odpor,  $l$  délku vodiče,  $S$  plochu příčného průřezu vodiče při průchodu elektrického proudu. Odpor tedy roste při vyšším měrném odporu, větší délce a nižším průřezu vodiče [26].

#### 9.3.1.2 Měření odporu

U vodivé nitě byl odpor zjišťován digitálním multimetrem Fluke 189 True-RMS Multimeter, jehož parametry jsou uvedeny v příloze. Odpor byl měřen u deseti vzorků

nitě, z čehož se pak vypočítala jeho průměrná hodnota. Určoval se pro délku 10 cm, přičemž vzorky měly délku 14 cm. Krokosvorky multimetru sevřely nit 2 centimetry od každého konce, aby se předešlo vyklouzávání nití. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce číslo 3 a vzorce pro výpočet průměru a dalších statistických hodnot jsou uvedeny v příloze.

Číslo vzorku	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Odpor [ $\Omega$ ]	6,58	6,46	6,03	5,98	6,60	6,21	5,87	6,61	6,33	6,52
$\bar{x} = 6,32 \Omega$			$s = 0,28 \Omega$				$V = 4,43 \%$			

Tab. 3: Elektrický odpor nitě

Výsledná průměrná hodnota přepočítaná na jeden metr, tedy  $0,632 \Omega$ , s přihlédnutím k odchylkám a chybám měření plně odpovídá hodnotě odporu uvedené výrobcem, jenž je  $0,65 \Omega$ .

### 9.3.1.3 Změna elektrického odporu nitě při údržbě

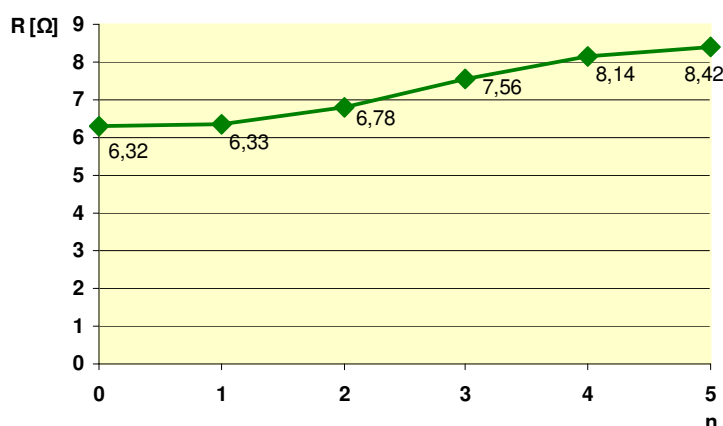
Vodivé nitě integrované v textilií musí odolávat běžné údržbě, které oděv pravidelně podléhá. Tím se myslí praní, sušení a také žehlení. Ideálním stavem by bylo, kdyby se vlastnosti nitě s načítajícími se cykly údržby neměnily, v praxi však většinou dochází k jejich postupnému zhoršování. To se týká hlavně elektrického odporu, dále například pevnosti.

Model kalhot v této práci má napevno připevněné LED a jsou na něm vyšity vodivé dráhy. Ostatní elektronické součásti připevněné na vsadce a jsou odnímatelné díky použití rozebíratelného spoje vytvořeného patentkami. Podle výrobce jsou na ní umístěná zařízení pratelná, počítá se však s tím, že tento modul se bude prát méně často než zbytek kalhot. Je umístěn ve vnitřní části nohavice, a tak je chráněn před nečistotami z vnější strany a díky umístění na přední části stehna není tolik exponován tělesné vlhkosti jako jiné části kalhot. Výrobce elektronických součástek umístěných v modelu doporučuje prát je ručně v jemném detergentu při teplotě vody  $30^\circ\text{C}$ . Praní v automatické pračce a sušení v bubnové sušičce by je mohlo díky mechanickému namáhání poškodit. Vzhledem k omezujícím faktorům ze strany údržby oděvu při implementaci pevných součástek byly i zkoušky změny odporu u vodivé nitě provedeny za těchto podmínek. Pět vzorků nitě o délce 14 cm bylo vystaveno pěti cyklům ručního praní (10 minut máčení a 10 minut praní komerčně dostupným pracím práškem Lanza

Color Max 3), volného sušení a žehlení při teplotě 150 °C. Odpor byl měřen po každém cyklu na úseku nitě o délce 10 cm. Výsledky odporu nití v ohmech jsou uvedeny v tabulce č.4 a graf číslo 1 znázorňuje závislost průměrného odporu  $R$  na počtu údržbových cyklů  $n$ .

Vzorek	1. cyklus	2. cyklus	3. cyklus	4. cyklus	5. cyklus
1.	5,92	6,53	7,82	8,19	8,54
2.	6,12	6,95	7,27	8,01	8,21
3.	6,51	7,01	8,03	8,28	8,61
4.	6,42	6,58	7,52	8,39	8,60
5.	6,66	6,82	7,18	7,83	8,15
<b>Průměrný <math>R</math> [<math>\Omega</math>]</b>	6,33	6,78	7,56	8,14	8,42

Tab. 4: Změna odporu po cyklech údržby



Graf č. 1 - Závislost odporu na počtu údržbových cyklů

Ze získaných hodnot a z grafu lze vyčíst, že po prvním cyklu se odpor téměř nezměnil a poté s každým dalším cyklem postupně vzrůstal s přibližně lineární tendencí. Po pěti cyklech vzrostl o 2,1  $\Omega$ , což považuji za poměrně nízkou hodnotu. Vizuálním vyhodnocením se zjistilo, že u nitě se po praní zvýšila její třepivost a zákrut na volných koncích byl povolený. I přes toto bych nit vyhodnotila jako vhodnou pro použití na vodivé dráhy, neboť v oděvech jsou konce nití upevněny zapořítím a k jejich třepení tak nedochází.

Pro údržbu oděvů s pratelnými elektronickými komponenty bych tedy doporučila řídit se pokyny výrobce a po odstranění baterie práť oděv ručně v jemném

čisticím prostředku při teplotě vody 30 °C. Pro sušení bych doporučila rozložit oděv do vodorovné polohy elektronickými komponenty směrem nahoru a nechat jej samovolně vyschnout. Oděv by se neměl i kvůli aplikaci vodivé nitě prát příliš často. Podle výše uvedeného pracího testu je při příliš častém praní předpoklad, že by se vlastnosti nitě mohly zhoršit natolik, že by kladla příliš velký odpor a pozbyla své vodivé funkce. Při příliš častém kontaktu s vodou by mohly také stříbrné nitě korodovat. Nitě se dají žehlit při střední hodnotě 150 °C, ale je nutné vyhnout se elektronickým součástem, které by se při kontaktu s vysokou teplotou mohly poškodit.

## 9. 4 Zdroj napájení

Podle požadavků pro konkrétní typ a barvu LED (typicky 2,0 až 3,6 V) se musí dodávat potřebné množství elektrického napětí, viz tabulka. Baterie se volí taková, aby ji hodnotou svého elektrického napětí zvládla rozsvítit, ale také aby nepřepálila základní desku Arduino, která nejlépe funguje při hodnotě 5 V a jejíž maximální napětí je 5,5 V. Pro tuto práci byla tedy zvolena lithium-polymerová baterie o hodnotě 3,7 V a zdroj LiPower. Tyto dva komponenty jsou spolu spojeny pomocí JST konektoru, který umožňuje jednoduché zacvaknutí a opětovné vyndávání baterie ze zdroje. LiPower obsahuje obvod, který transformuje vstupní napětí na 5 V, což je nejvhodnější hodnota napětí pro základní desku.

Na baterii jsou kromě napětí uvedeny údaje o její kapacitě, udávané v ampérhodinách. Jedna ampérhodina značí schopnost baterie dodávat proud o velikosti jednoho ampéru po dobu jedné hodiny. Použitá baterie má hodnotu 900 mAh. Většina LED pro své fungování vyžaduje elektrický proud o velikosti 20 mAh. Při použití sedmi LED o spotřebě 20 mAh je tedy teoretická výdrž baterie  $900 / (20 \times 7) = 6,4$  hodiny. Tato hodnota však není přesná, neboť na zdroj působí další vlivy a jeho vlastnosti se v průběhu doby mění. Kromě toho je také nutno zapojit další elektronické komponenty, které spotřebovávají elektrický proud.

Pro dobíjení je použita nabíječka MCP73831/2 od firmy Sparkfun s JST konektorem pro připojení baterie na jedné straně a s mini USB konektorem na druhé straně. Do toho je připojen kabel, který se druhým koncem propojí s běžným USB počítače a dochází tak k nabíjení.

## 10 Realizace modelu

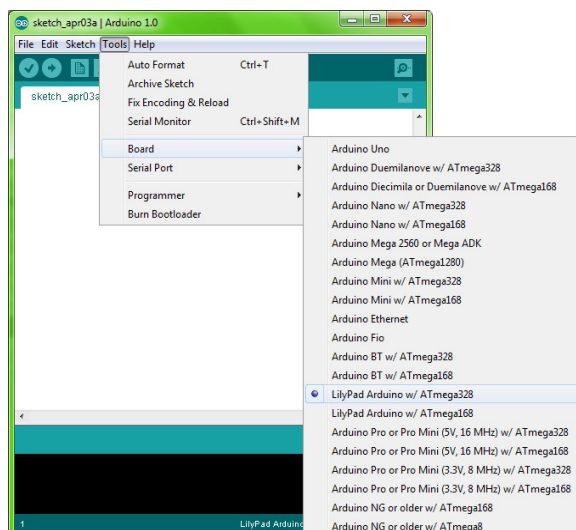
### 10.1 Rozmístění a zapojení elektronických komponent

Rozmístění jednotlivých součástí v elektrickém obvodu závisí na jejich vlastnostech a funkci. Základní struktura je taková, že k mikrokontroléru Arduino je současně napojeno sedm LED, akcelerometr a zdroj LiPower. K tomuto zdroji, jenž zároveň obsahuje spínač obvodu, je připojena lithium-polymerová baterie. Rozmístění jednotlivých pinů je zobrazeno na obrázku číslo 42. Každý vstupní/výstupní pin produkuje proud 40 mA [31].

Schéma rozmístění jednotlivých součástí tohoto projektu se nachází na obrázku 83. Červenou barvou jsou značeny dráhy s kladným pólem, černou se záporným a fialovou dráhy os akcelerometru. Základem je připojit k Arduino (A) akcelerometr (B). Každá z jeho tří os, označených  $x$ ,  $y$ , a  $z$ , musí být napojena na samostatný analogový vstup. Ty se na Arduino nacházejí pod piny A0 – A5. Kladný a záporný pól akcelerometru se propojí se souhlasnými póly na zdroji LiPower (C) / Arduino. LED (D) se mohou připojit k pinům 0 – 13. Kvůli umístění konektoru pro připojení FTDI adaptéru nad piny 0, 1 a A5 bych doporučila tyto tři nepoužívat, neboť spojení z vodivých nití by v tomto místě svou výškou mohlo adaptéru překážet. Design kalhot počítá s tím, že LED budou umístěny na předním dílu levé nohavice v oblasti stehna a ostatní komponenty budou schované v kapse pod nimi. Aby se předešlo nutnosti vytvoření zbytečně dlouhých vodivých drah (i přestože vodivé nitě dosahují velmi nízkého odporu) a jejich nadměrnému křížení vzhledem k umístění pinů použitelných pro zapojení jednotlivých komponent, je vhodné základní desku a zdroj LiPower otočit vzhůru nohama. Pro kladné póly LED se tedy použijí piny 6 – 12 a pro akcelerometr piny A2 – A4. Záporné póly LED se napojí na společné uzemnění. Akcelerometr musí kvůli své osové orientaci zůstat otočen směrem nahoru. Zdroj LiPower se svým kladným a záporným pólem připojí k totožným pólům na základní desce a LiPol baterie (E) se zacvakne do JST konektoru zdroje. I přes to, že výše uvedený návrh představuje nejlepší možné zapojení komponent, dojde ke dvěma křížením vodivých drah, což je však minimální počet vůči jiným možnostem. Tato skutečnost je vyřešena tak, že se na spodní dráhy umístí textilní izolační vrstva (F), která dráhy oddělí.







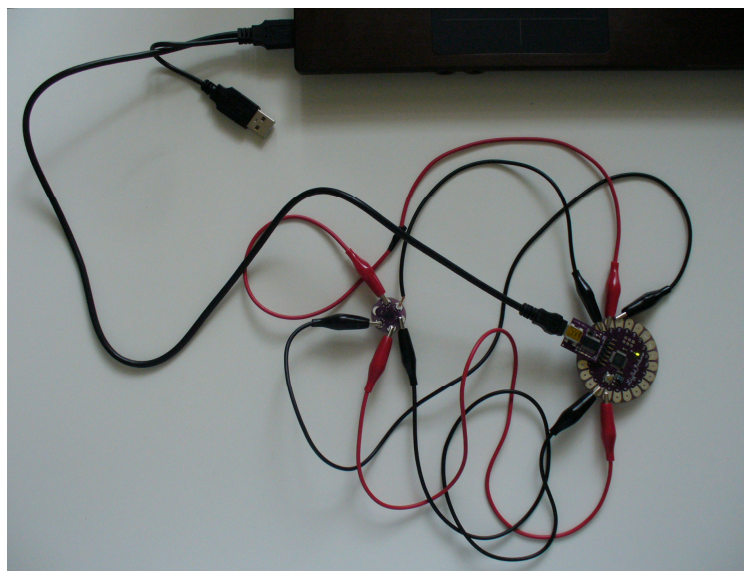
Obr. 84: Volba základní desky v software Arduino 1.0

Pro vytvoření nového kódu se v horním menu zvolí *File* → *New*. Rozpracovaný kód se otevře volbou *File* → *Open*. Příklady kódů se dají najít v *File* → *Examples*. *Sketch* se ukládá do složky Arduino volbou *File* → *Save*. Před nahráním do hardware se kód zkontroluje tlačítkem *Verify* a samotné odeslání se spouští volbou *Upload*. Po úspěšném nahrání kódu do Arduina oznámí stavový řádek ukončení nahrávání (*Done uploading*), v opačném případě hlásí chyby.

Jako první jsem vytvořila *sketch* pro čtení hodnot získaných z akcelerometru připojeného k počítači. Tímto se dá porovnat, zda jsou získané hodnoty analogické k hodnotám definovaným, čímž se ověří správnost zapojení a funkce. Tabulka 5 ukazuje hodnoty pro tento typ akcelerometru, uvedené výrobcem pro změnu úhlu osy y vzhledem k zemi. Jsou stejné i pro ostatní osy. Horizontální rovina koresponduje s úhlem 0. Čísla v řádku akcelerace jsou zkalibrované digitální hodnoty napětí. Získávají se tak, že se původně analogové (spojité) vstupy pro možnost užívání v počítači převedou na hodnoty digitální (diskrétní) pomocí analogově-digitálního 10-bitového převodníku. Hodnoty analogového vstupu jsou 0 – 1023 a jeden bit je jeden krok.

<b>Úhel [°]</b>	-90	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0
<b>Akcelerace</b>	662	660	654	642	628	610	589	563	537	510
<b>Úhel [°]</b>	10	20	30	40	50	60	70	80	90	-
<b>Akcelerace</b>	485	455	433	408	390	374	363	357	355	-
Tab. 5: Hodnoty pro použitý typ akcelerometru [31]										

Obrázek číslo 85 zachycuje zkušební propojení s počítačem pro čtení hodnot z akcelerometru, ve kterém jsou použity základní deska Arduino, FTDI adaptér, mini USB kabel a kabely ukončené krokosvorkami. Do Arduina je po zapojení nahrán kód, jenž je spolu s vývojovým prostředím zobrazen na obrázku 86.

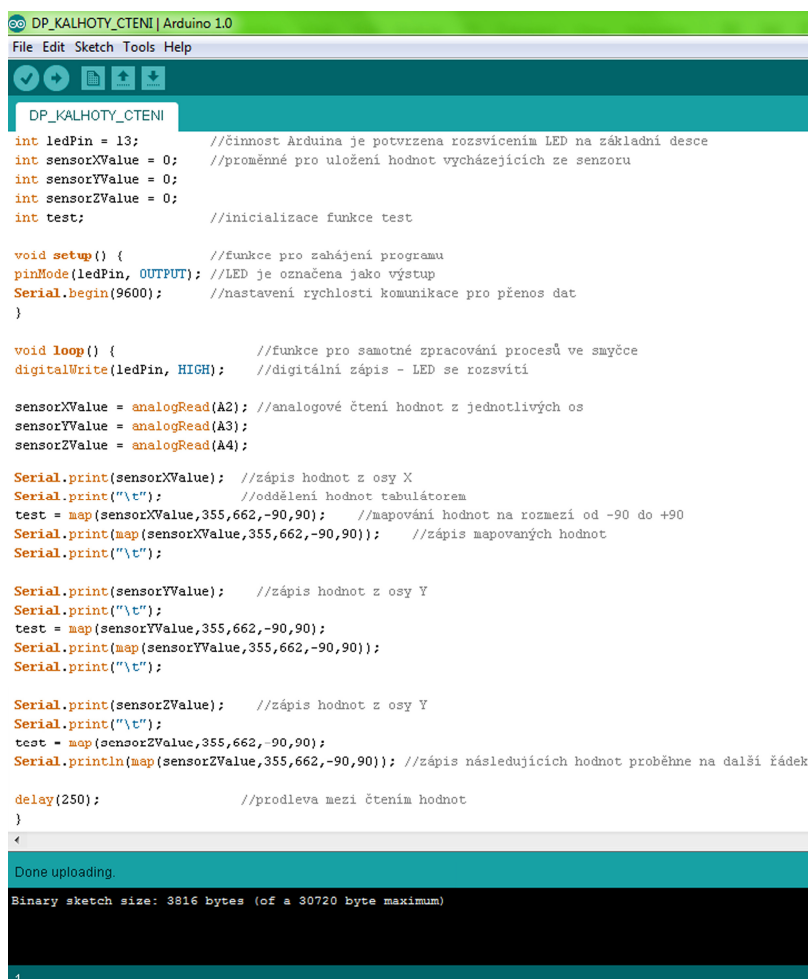


Obr. 85: Sestava pro čtení hodnot z akcelerometru

Po otevření sériového okna (volba *Tools* → *Serial monitor*) jsou nasnímané hodnoty akcelerace jednotlivých os zobrazovány v programu Arduino průběžně ve zvolených časových intervalech. Sledováním změny hodnot při pohybu v jednotlivých osách je ověřena funkčnost zařízení. Získané hodnoty jsou uvedeny v příloze.

Poté jsem vytvořila kód pro zapojení akcelerometru jako analogového vstupu a sedmi LED jako výstupu. V kódu je naprogramováno, že Arduino reaguje na nasnímané hodnoty akcelerace třemi různými způsoby. Při nulové akceleraci, tedy když objekt nevykonává žádný pohyb, zůstávají LED zhasnuté. Při jednorázovém pohybu, tedy když se objekt například vychýlí do strany a poté pohyb ustane, se všechny diody najednou rozsvítí a zhasnou. Po ustání pohybu je možné pohyb opakovat a diody opět bliknou. Při kontinuálním pohybu, kdy se objekt pohybuje různými směry bez ustání (a překročí tak určitý nastavený práh mezi rozdíly hodnot), se Arduino přepne do módu „had“ a diody blikají postupně od první po poslední. Pokud nepřetržitý pohyb přetrvává i po bliknutí poslední diody, postupné rozsvěcování diod pokračuje až do ukončení pohybu. Pokud je po ukončení spojitého pohybu opět proveden pohyb jednorázový, přepne se Arduino do módu blikání všech LED najednou. Oba vytvořené kódy (pro

čtení hodnot z akcelerometru a rozsvěcování diod) jsou v textové formě i s vysvětlivkami uvedeny v příloze.



```
DP_KALHOTY_CTENI | Arduino 1.0
File Edit Sketch Tools Help

DP_KALHOTY_CTENI

int ledPin = 13;           //činnost Arduino je potvrzena rozsvícením LED na základní desce
int sensorXValue = 0;      //proměnné pro uložení hodnot vycházejících ze senzoru
int sensorYValue = 0;
int sensorZValue = 0;
int test;                 //inicializace funkce test

void setup() {             //funkce pro zahájení programu
  pinMode(ledPin, OUTPUT); //LED je označena jako výstup
  Serial.begin(9600);      //nastavení rychlosti komunikace pro přenos dat
}

void loop() {              //funkce pro samotné zpracování procesů ve smyčce
  digitalWrite(ledPin, HIGH); //digitální zápis - LED se rozsvítí

  sensorXValue = analogRead(A2); //analogové čtení hodnot z jednotlivých os
  sensorYValue = analogRead(A3);
  sensorZValue = analogRead(A4);

  Serial.print(sensorXValue); //zápis hodnot z osy X
  Serial.print("\t");        //oddělení hodnot tabulátorem
  test = map(sensorXValue,355,662,-90,90); //mapování hodnot na rozmezí od -90 do +90
  Serial.print(map(sensorXValue,355,662,-90,90)); //zápis mapovaných hodnot
  Serial.print("\t");

  Serial.print(sensorYValue); //zápis hodnot z osy Y
  Serial.print("\t");
  test = map(sensorYValue,355,662,-90,90);
  Serial.print(map(sensorYValue,355,662,-90,90));
  Serial.print("\t");

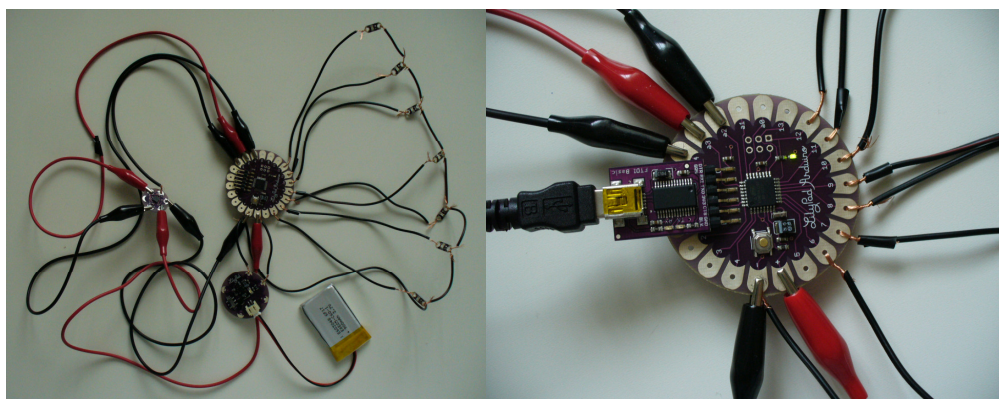
  Serial.print(sensorZValue); //zápis hodnot z osy Y
  Serial.print("\t");
  test = map(sensorZValue,355,662,-90,90);
  Serial.println(map(sensorZValue,355,662,-90,90)); //zápis následujících hodnot proběhne na další řádek

  delay(250);               //prodleva mezi čtením hodnot
}

Done uploading.
Binary sketch size: 3816 bytes (of a 30720 byte maximum)
```

Obr. 86: Kód ve vývojovém prostředí Arduino 1.0

Podle schématu na obrázku 83 jsem sestavila zkušební zapojení s LED a kód jsem nahrála do základní desky Arduino. Celek a detail zapojení jednotlivých pinů a FTDI adaptéru jsou na obrázku 87.



Obr. 87: Detail hotového obvodu s LED a zapojení FTDI adaptéru

## 10.3 Technologie zhotovení vodivých drah

Elektronické komponenty se integrují do oděvu těsně před jeho dokončením, aby nedošlo k jejich poškození. V tomto případě se nejprve provede sešití členění jednotlivých dílů. Poté se vypracuje kapsa spojující pravý PD a pravý ZD, dokončí se boční šev a sešije krokový. U levého PD a ZD se sešije pouze krokový šev, levý a pravý dílec se spojí v rozkrokovém a sedovém švu. Díl tak zůstane otevřený pro pohodlné vyšití vodivých drah a připevnění patentek. Opačné konce zůstávají volné. Poté se došije levý boční šev a vypracuje se ukončení pasové linie a dolního kraje nohavice. Úplně nakonec se k drahám připevní LED.

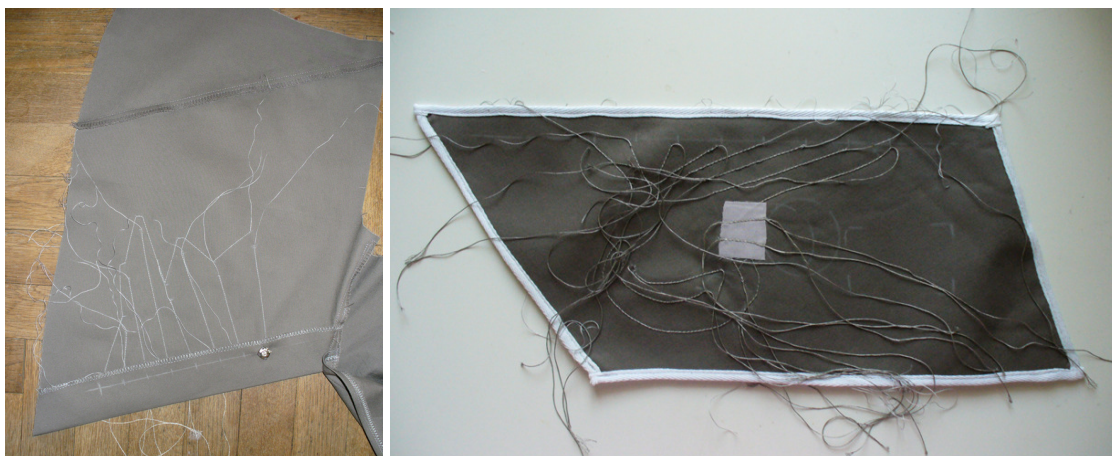
U vsadky, která má nést elektronické součástky, se nejprve vyšijí všechny vodivé dráhy s volnými konci a k příslušejícím drahám se připevní patentky. Poté se k volným koncům zbylých drah připojí součástky, jejichž neobsazené piny se pro lepší fyzické propojení s textilií ještě prošijí nevodivou nití. Předšité dráhy na předním dílu a na vsadce jsou vidět na obrázku číslo 88.

### 10.3.1 Vodivé dráhy

Důležitou částí při výrobě elektronických kalhot je volba zhotovení vodivých drah. V tomto jsem brala ohled na elektrický odpor nitě, jenž roste s délkou dráhy, neboť elektrony musejí při toku vodičem překonat více srážek. Jako steh s nejmenší dráhou a zároveň spotřebou vodivé nitě jsem vybrala dvounitný vázaný steh 301.

Vodivé dráhy z elektricky vodivých nití není třeba izolovat od okolí vzhledem k použití nízké hodnoty elektrického proudu a napětí. Při kontaktu obnažených vodivých drah s pokožkou však může docházet ke zkratům, neboť tělesnou vlhkostí se mohou blízko umístěné vodivé dráhy propojit. Z tohoto důvodu jsou vodivé nitě vedeny v dostatečných vzdálenostech pouze na lícové straně oděvu a na rubové straně je použita konvenční bavlněná nit s ekvivalentními geometrickými vlastnostmi. Bavlněná nit je volena vzhledem k vysoké teplotní odolnosti. Tvar vodivých drah se na textilií musí nejprve předkreslit. Jsou šity z rubu, protože kvůli eliminaci namáhání (vrchní nit je vystavena rázům a oděru v oušku jehly) je vodivá nit umístěna do spodní cívky šicího stroje. Jiným způsobem může být vyšití vodivých drah na vnitřní stranu oděvu a jejich odizolování od těla nažehlením adhezivní pásky, v této práci je však realizován předchozí případ. Vodivá nit kvůli své vysoké jemnosti i přes použití adekvátní jehly a nastavení šicího stroje nitě neschopna dosáhnout provázání přesně uprostřed textilie. Tento fakt

však není omezující, neboť švy neslouží jako spojení jednotlivých dílů a požadavkem bylo, aby byla nit vedena pouze na lícové straně textilie.



Obr. 88: Předšité vodivé dráhy – pohled na rub předního dílu a líc vsadky

### 10.3.2 Křížení nití

Obvod je sestaven tak, aby docházelo k nejmenšímu možnému počtu křížení nití, což se však ne vždycky dá plně eliminovat. V tomto případě nastávají dvě, což je vidět na obrázku 83. Protože při kontaktech obnažených vodivých nití dochází ke zkratům, bylo nutné dráhy od sebe odizolovat. Tento problém jsem vyřešila tak, že jsem nejprve vyšila dráhy spojující akcelerometr a LED s Arduinem a zdrojem. Poté jsem na první vrstvu vodivých nití nažehlila dvě vrstvy adhezní nevodivé textilie, která slouží jako izolant. Zbylé dvě dráhy spojující Arduino se zdrojem jsem s ponecháním volných konců předšila na adhezní vrstvu a tu jsem následně na dvě izolační vrstvy nažehlila. Nedochází tak k prošíití všech vrstev a nitě se nedotýkají.

Jiným způsobem by mohlo být vytvarování druhé vrstvy vodivých nití do potřebné dráhy na izolační vrstvu a jejich přilepení nažehlením další adhezní vrstvy. Ta dráhy sevře a připevní je na místo.

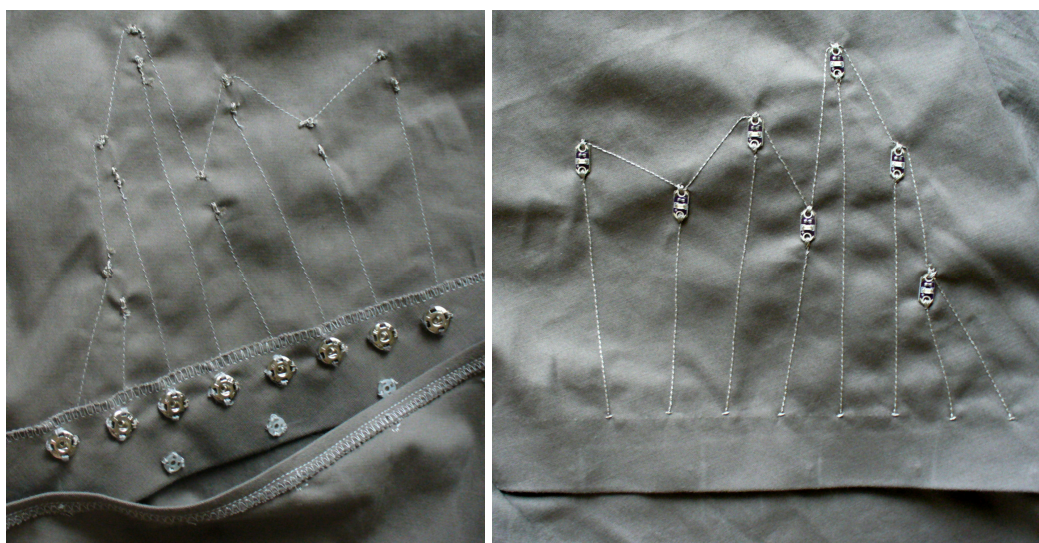
### 10.3.3 Propojení s pevnými komponenty

Pro připojení vodivých drah k elektrickým komponentům je na začátku a na konci každého švu ponechán dostatečně dlouhý volný konec nitě (cca 15 cm). Propojení vodivých drah a komponent probíhá ručním šitím, neboť strojové prošívání oček by součástky poškodilo. Pro vytvoření pevného spoje je vhodné nit několikrát protáhnout očekem komponentu. Ze stejných důvodů je rozhraní pevného komponentu, vodivé nitě a

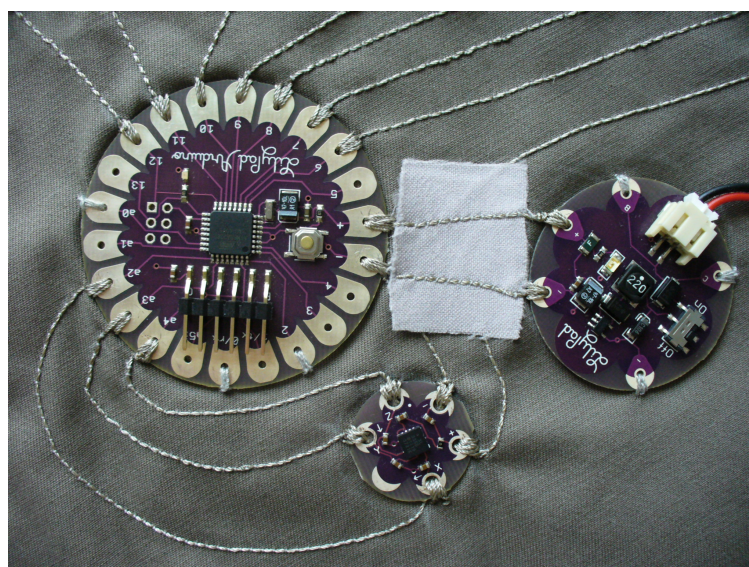


textilie zakápnuto textilním lepidlem. Předchází se tak vypárání vodivé nitě. Zbylé volné piny komponent se prošijí konvenční nevodivou nití pro vytvoření lepšího fyzického spojení zařízení a textilního materiálu.

Nitě, které jsou ukončeny rozebíratelnými spoji, jsou provlečeny jedním ze čtyř oček patentky. Zbývá tři očka jsou k materiálu pevně připevněna konvenční nití. Je nutné dosáhnout dostatečně silného spoje, aby se patentky při rozebírání nevytrhly a nepoškodily vodivé dráhy. Detail ukončení drah patentkami z rubové a lícové strany je na obrázku 89. Obrázek 90 ukazuje detail zakončení vodivých drah u Arduina, akcelerometru a zdroje. Mezi Arduinem a zdrojem je nažehlena adhezivní textilie pro odizolování vrstev drah.



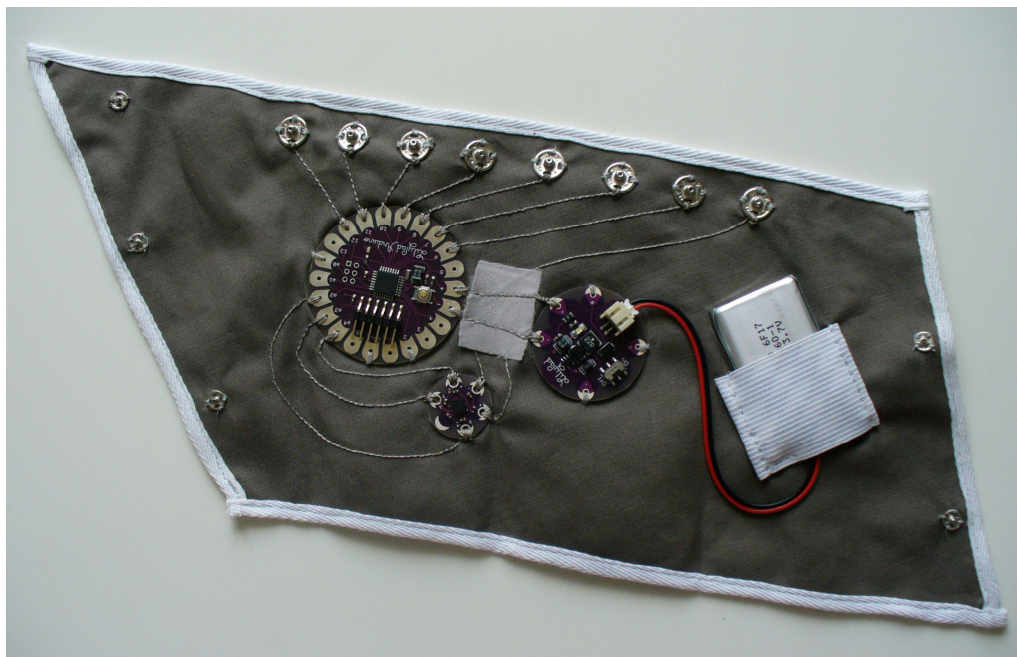
Obr. 89: Rubová a lícová strana předního dílu



Obr. 90: Detail zakončení vodivých drah

### 10.3.4 Umístění baterie

Baterie je nejtěžší součást celého obvodu. Neobsahuje žádné piny, které by usnadnily její umístění do textilie, pouze jeden JST konektor pro připojení ke zdroji LilyPad, popřípadě nabíječce. Aby při pohybu volně nevisela ve vnitřní části kalhot, je na vsadce vytvořena kapsička z pruženky, do níž se baterie zasadí a zabrání se tak jejímu pohybu nebo vytržení z obvodu. Hotová vsadka i s kapsičkou na baterii je vyobrazena na obrázku 91.



Obr. 91: Hotová vsadka s kapsou na baterii

## 10.4 Realizovaný výrobek

Po dokončení integrace elektronických komponent je oděvní výrobek dokončen. Navržené digitálně potisklé kalhoty se skládají ze dvou částí – vsadky a samotných kalhot. Vsadka se do nich připíná osmi vodivými patentkami na vrchním okraji a pěti pomocnými patentkami po stranách pro lepší upevnění v nohavici. Dalších pět patentek chrání otvor v nohavici, aby se nerozevíral. Nositel může aktivní funkci oděvu jednoduše vypínat a zapínat, i když má kalhoty na sobě. Stačí rozepnout otvor v nohavici a přepnout posuvný spínač na LilyPad zdroji, který je velmi lehce dostupný. Při odložení nohavic se musí spínač pokaždé vypnout, protože by se vybila baterie. Pro delší nepoužívání doporučuji odpojit baterii a skladovat ji zvlášť, aby kalhoty nepoškodila. Kalhoty je vhodné umístit na místo o běžné pokojové teplotě cca 21 °C a



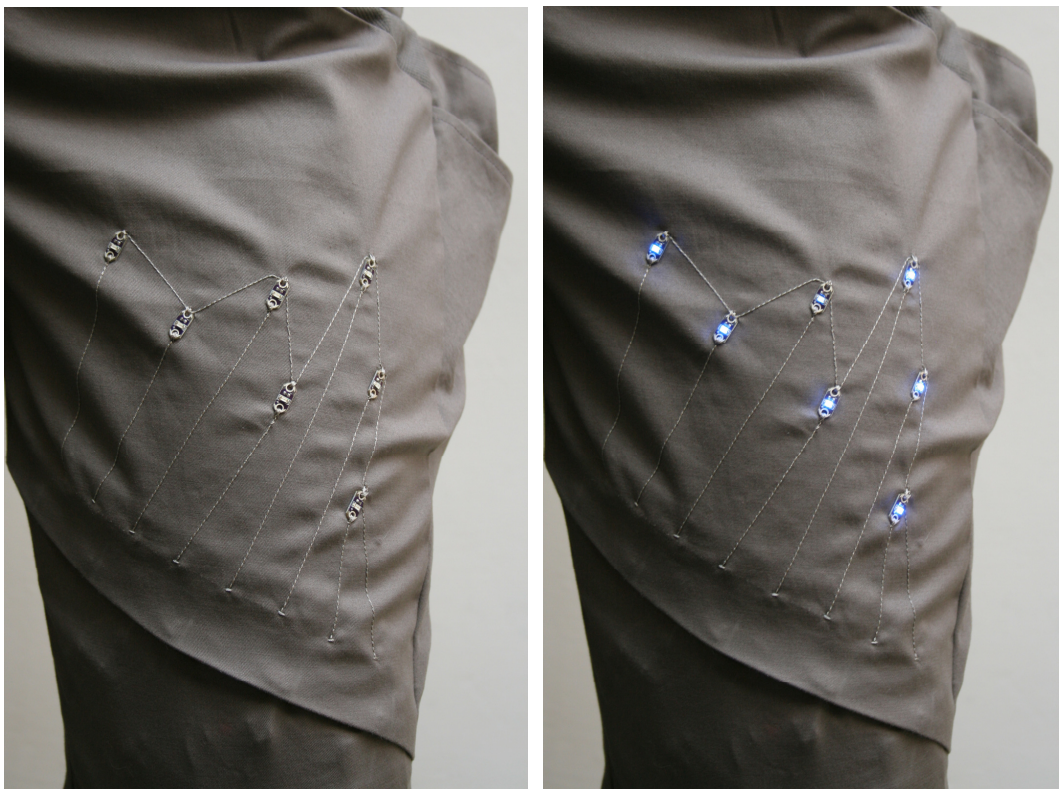
zamezit kontaktu s přímým slunečním zářením, zdrojům vysoké teploty, domácím zvířatům a dětem, které by mohly polknout malé součásti.

Jako závěrečná část této diplomové práce následuje soubor fotografií celku a detailů vytvořených elektronických kalhot.



Obr. 92: Fotografie celku zepředu a zezadu





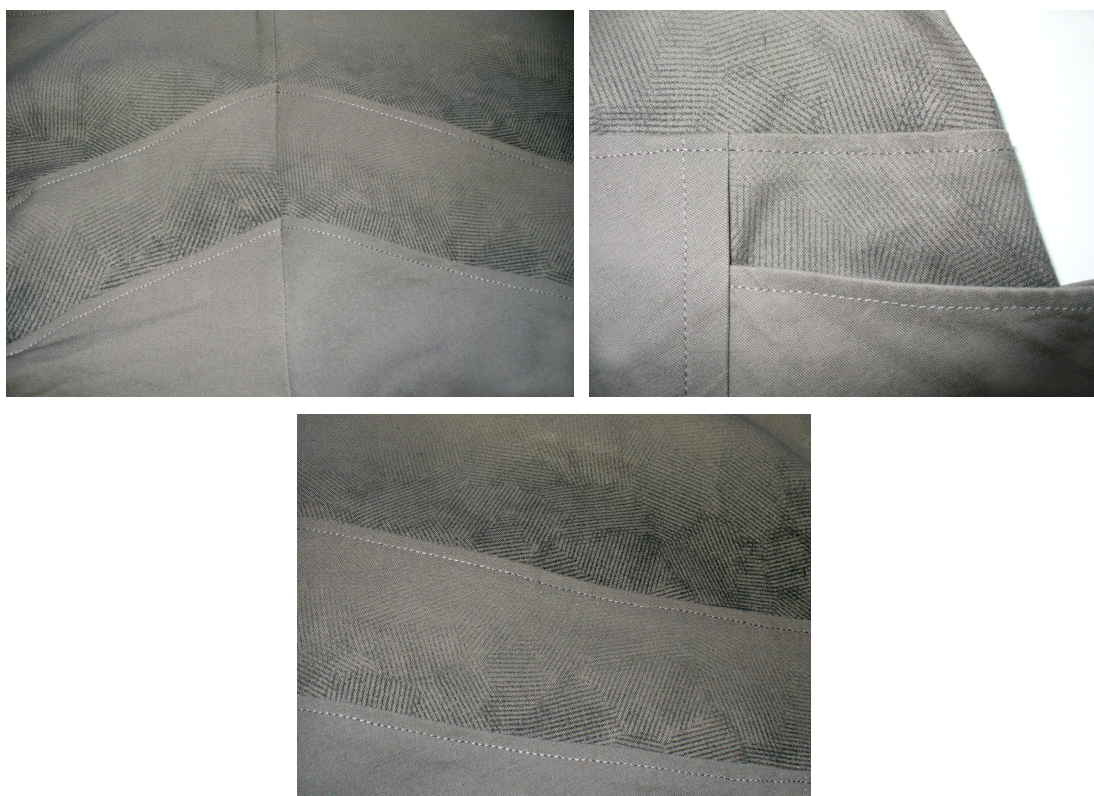
Obr. 93: LED zhasnuté v klidu a rozsvícené při pohybu



Obr. 94: Detail přední a zadní části



Obr. 95: Detail rozevření nohavice a zakončení dolního kraje



Obr. 96: Detaily digitálního potisku





Obr. 97: Detail předního dílu 3D a 2D

## Závěr

V historii se vyvinulo mnoho uměleckých směrů, které ovlivnily vývoj odívání. Tato práce čerpá inspiraci z jednoho z nich – futurismu. Stoupenci tohoto hnutí už na začátku dvacátého století navrhovali oděvy, které se měly účelově vymykat běžným konvencím a integrovat neobvyklé netextilní materiály. Měly například svítit, hrát nebo vysílat infračervené paprsky. Dnes, o sto let později, jsou podobné návrhy díky využití pokrokových materiálů dovedeny až ke skutečné realizaci. Lidé od svých oděvů žádají stále více a včlenění elektroniky do oděvu tak dokáže uspokojit jejich touhu po něčem novém a neotřelém. Z uvedených požadavků na oděv vychází i tato diplomová práce, jejíž cílem bylo vytvořit futuristický návrh kalhot. Vyhotovila jsem oděv, který v sobě integruje součástky, díky kterým se při pohybu rozsvěcuje a při ustání pohybu opět zhasíná. Pro tuto myšlenku bylo nutné nejprve objasnit potřebné principy oděvní elektroniky, které jsou rozepsány v teoretické části práce. Tato sekce shrnula poznatky o jednotlivých součástech textilních obvodů, vodivých materiálech, integraci elektronických komponent a o možnostech snímání pohybu oděvy.

Experimentální část na teoretické poznatky navázala a uvedla je do fyzické podoby ve formě kalhot. Bylo nutné přizpůsobit design umístění a funkci komponent. Při tvorbě návrhu jsem vycházela ze základních pojmů spjatých s futurismem, jimiž jsou pohyb a prostor. Kalhoty měly svým členěním vyvolávat představu plastičnosti. Jemný vzor digitálního tisku měl evokovat představu stínů vrhaných jednotlivými stříhovými díly a světlo diod emitované při pohybu mělo umocnit snahu o proniknutí do prostoru. Tento obraz se podle mého názoru podařilo realizovat.

Samotná integrace elektronických součástí do textilu a tvorba ovládacího kódu v programu Arduino 1.0 vedla také k žádaným výsledkům. Kalhoty reagují na pohyb ve dvou módech – při jednorázovém pohybu blikají všechny LED najednou a při dlouhodobém spojitém pohybu blikají jako had postupně od první po poslední. Použité pevné součásti byly dobře přizpůsobené pro našití na textilií, avšak tato práce byla poměrně zdlouhavá. Vzhledem k tomu, že strojové šití by je poškodilo, to však bylo nevyhnutelné. Tento druh součástí by se tedy v podstatě dal zařadit jako mezistupeň mezi součástmi, které jsou průmyslově a rychle integrovatelné (tkáním, specializovanými šicími stroji, lepením vodivými lepidly...) a součástmi, které nejsou určeny primárně pro textilní použití, avšak po určité modifikaci se dají včlenit do oděvu (například běžné LED se zatočenými vývody, které se často používají v DIY

aplikacích). Vzhledem k poměrně časové náročnosti je tento druh komponent vhodný především pro menší série nebo jednotlivé originální oděvní kusy.

Další zkoumání v oblasti elektronických oděvů by se mělo věnovat zejména zdrojům energie, neboť to je komponent, který měl ze všech největší hmotnost. Pro použití v nohavici kalhot to nebylo zas tak problematické, protože pro podkladovou textilií byl vybrán dostatečně pevný materiál, který byl schopen baterii umístěnou ve speciální kapsičce udržet. Jiné materiály by se však mohly pod její tíhou vytahovat. Co se týče komfortu při nošení, neshledala jsem žádné omezující faktory, které by vyrobené kalhoty činily nějakým způsobem nepohodlnými. Komponenty se přímo nedotýkají pokožky, čímž odpadá senzorický problém, který by mohl nastávat při příliš dlouhém kontaktu s plasty a kovy. Také díky jejich malému rozměru se nijak výrazně nezhoršují vlastnosti prodyšnosti v rámci celého oděvu. Co se týče psychologických vjemů, tak je nutno s trochou nadsázky říct, že při nošení elektronických kalhot se člověk mnohem více soustředí na to, aby je nepoškodil, než při nošení běžných oděvů bez křehkých součástí. S touto skutečností se však musí počítat při nošení každého náchylnějšího oděvu.

Originalita elektronických oděvů a atraktivnost jejich nových vlastností bude s nejvyšší pravděpodobností čím dál tím více vést zákazníky k jejich koupi, a to i přes zatím poměrně vysokou cenu výrobků (ceník LilyPad součástek je uveden v příloze). Do budoucnosti se počítá s rozšířením těchto oděvů jako nepostradatelné součásti každodenního šatníku. Ačkoliv se kalhoty vytvořené v této práci nemůžou do úplné míry vyrovnat průmyslovým produktům sériové výroby, jsou ukázkou toho, že lze vytvářet elektronické oděvy i trochu jinými postupy. Vzhledem k tomu, že v češtině neexistují téměř žádné podklady o nositelné elektronice, natož o LilyPad Arduinu, doufám, že tato práce bude sloužit jako vodítko pro ty, kteří uvažují o realizaci svého vlastního návrhu.

## Použitá literatura

- [1] KYBALOVÁ, Ludmila. *Dějiny odívání : Starověk*. Vydání 1. Praha : Nakladatelství Lidové noviny, 1998. 234 s. ISBN 80-7106-145-X.
- [2] KYBALOVÁ, Ludmila. *Dějiny odívání : Středověk*. Vydání 1. Praha : Nakladatelství Lidové noviny, 2001. 280 s. ISBN 80-7106-146-8.
- [3] KYBALOVÁ, Ludmila. *Dějiny odívání : Renesance*. Vydání 1. Praha : Nakladatelství Lidové noviny, 1996. 176 s. ISBN 80-7106-143-3.
- [4] KYBALOVÁ, Ludmila. *Dějiny odívání : Barok a rokoko*. Vydání 1. Praha : Nakladatelství Lidové noviny, 1996. 240 s. ISBN 80-7106-144-1.
- [5] KYBALOVÁ, Ludmila. *Dějiny odívání : Od empirie k druhému rokoku*. Vydání 1. Praha : Nakladatelství Lidové noviny, 2004. 272 s. ISBN 80-7106-147-6.
- [6] KYBALOVÁ, Ludmila. *Dějiny odívání : Doba turnýry a secese*. Vydání 1. Praha : Nakladatelství Lidové noviny, 2006. 296 s. ISBN 80-7106-148-4.
- [7] KYBALOVÁ, Ludmila. *Dějiny odívání : Od „zlatých dvacátých“ po Diora*. Vydání 1. Praha : Nakladatelství Lidové noviny, 2009. 256 s. ISBN 978-80-7106-149-6.
- [8] TYLÍNEK, Petr. *Základní etapy vývoje oděvní kultury*. 1. Liberec : Technická univerzita v Liberci , 2004. 99 s. ISBN 80-7083-784-5.
- [9] MÁCHALOVÁ, Jana. *Dějiny odívání : Móda 20. století*. Vydání 1. Praha : Nakladatelství Lidové noviny, 2003. 229 s. ISBN 80-7106-587-0.
- [10] *Patentplaques.com* [online]. 24/03/10 [cit. 2011-02-02]. What Immigrants Are Responsible For A Truly American Article Of Clothing?. Dostupné z: <http://www.patentplaques.com/blog/?p=481/>
- [11] HEIMANN, Jim. *60s Fashion : Vintage Fashion and Beauty Ads*. Köln : Taschen, 2007. 190 s. ISBN 978-3-8228-4935-4.
- [12] HEIMANN, Jim. *70s Fashion : Vintage Fashion and Beauty Ads*. Köln : Taschen, 2006. 192 s. ISBN 3-8228-4937-5.
- [13] JAROŠOVÁ, Helena a Ludmila KYBALOVÁ. *Současná česká móda: Contemporary Czech fashion*. Vyd. 1. Praha: Allcore, 2002. ISBN 80-903151-0-0.

- [14] VÁVRA, Jiří. *Od impresionismu k postmoderně : Dějiny vizuálního umění*. Olomouc : Nakladatelství Olomouc, s.r.o., 2001. 128 s. ISBN 80-7182-120-9.
- [15] MARTINOVÁ, Sylvia. *Futurismus*. Praha : Slovart, s.r.o., 2006. 96 s. ISBN 978-80-7209-874-3.
- [16] PIJOAN, José. *Dějiny umění 9*. Praha : Odeon, 1986. 336 s. ISBN 09/03.01-501-86.
- [17] LYNTON, Norbert. *Umění 19. a 20. století*. Praha : Artia, 1981. 192 s.
- [18] RAINEY, Lawrence; POGGI, Christine; WITTMAN, Laura. *Futurism: An Anthology*. New Haven : Yale University Press, 2009. 624 s.
- [19] RAIZMAN, David. *History of modern design: graphics and products since the Industrial Revolution*. London : Laurence King Publishing, 2004. 400 s.
- [20] GIORCELLI, Cristina; RABINOWITZ, Paula; FRAIRE, Manuela. *Accessorizing the Body: Habits of Being I*. Minnesota : University of Minnesota Press, 2011. 288 s. ISBN 978-0816675791.
- [21] SEYMOUR, Sabine. *Fashionable technology: the intersection of design, fashion, science, and technology*. New York, NY: Springer, 2008, 249 s. ISBN 9783211744987.
- [22] TAO, Xiaoming. *Smart fibres, fabrics and clothing*. Cambridge, England: Woodhead Pub., 2001, 316 s. ISBN 18-557-3546-6.
- [23] CHO, Gilsoo. *Smart clothing: technology and applications*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2010, 275 s. ISBN 9781420088526.
- [24] TAO, Xiaoming. *Wearable electronics and photonics*. Boca Raton FL: CRC Press, 2005, 250 s. ISBN 08-493-2595-1.
- [25] *Intelligent textiles and clothing*. Editor H Mattila. Cambridge: Woodhead, 2006, 506 s. ISBN 18-456-9005-2.
- [26] VOBECKÝ, Jan a Vít ZÁHLAVA. *Elektronika, součástky a obvody, principy a příklady*. 2., rozš. vyd. Praha: Grada, 2001, 188 s. ISBN 80-716-9884-9.
- [27] DOLEČEK, Jaroslav. *Moderní učebnice elektroniky: Optoelektronika a optoelektronické prvky*. Praha: BEN - technická literatura, 2005, 154 s. ISBN 80-730-0184-5.



- [28] SHIELDEX TRADING, Inc. *Shieldex* [online]. © 2012 [cit. 2012-04-01]. Dostupné z: <http://www.shieldextrading.net/>
- [29] Textile. BEKAERT. *Bekaert* [online]. Belgie, © 2012 [cit. 2012-04-01]. Dostupné z: <http://www.bekaert.com/en/Product%20Catalog/Application/Basic%20materials/Textile.aspx?Industry={F4EFD0BC-A1FB-4B5E-9923-B5241DCF01F7}&ProductCategory={2DDBEBF8-6AA8-4A2B-818F-E3712FFB524F}>
- [30] ŠESTÁK, Jaroslav, et al. Speciální technologie a materiály. 1. vyd. Praha : Academia, 1993. 688 s. ISBN 80-200-0148-4.
- [31] ARDUINO. *Arduino* [online]. [2011] [cit. 2012-02-06]. Dostupné z: <http://www.arduino.cc/>
- [32] SPARKFUN ELECTRONICS. *SparkFun Electronics: E-Textiles* [online]. [2011] [cit. 2012-02-07]. Dostupné z: <http://www.sparkfun.com/categories/204/>
- [33] NOBLE, Joshua. *Programming interactivity: A Designer's Guide to Processing, Arduino, and openFrameworks*. 1st ed. Sebastopol, CA: O'Reilly, c2009, 712 s. ISBN 978-059-6154-141.
- [34] *Intelligent textiles and clothing*. Editor H Mattila. Cambridge: Woodhead, 2006, 506 s. ISBN 18-456-9005-2.
- [35] Accelerometer and Gyro Buying Guide. *SparkFun Electronics* [online]. Boulder, Colorado, 2010 [cit. 2012-05-08]. Dostupné z: <http://www.sparkfun.com/tutorials/167>
- [36] HUSÁK, Miroslav. 8. Akcelerometry. ČVUT FEL. *Katedra mikroelektroniky* [online]. Praha, (c) 2006-2012 [cit. 2012-05-02]. Dostupné z: <http://www.micro.feld.cvut.cz/home/X34SES/prednasky/08%20Akcelerometry.pdf>
- [37] COYLE, Shirley, Yanzhe WU, King-Tong LAU, Danilo DE ROSSI, Gordon WALLACE a Dermot DIAMOND. Smart Nanotextiles: A Review of Materials and Applications. In: *Mrs Bulletin* [online]. May 2007 [cit. 2012-05-02]. Volume 32. Dostupné z: <http://el.mdu.edu.tw/datacos/09610221038A/Smart%20Nanotextiles-%20A%20Review%20of%20Materials%20and%20Applications.pdf>
- [38] Fabric PCBs, electronic sequins, and socket buttons: techniques for e-textile craft. In: BUECHLEY, Leah a Michael EISENBERG. *Pers Ubiquit Comput* [online].

London: Springer, 2007 [cit. 2012-05-02]. DOI: 10.1007/s00779-007-0181-0. Dostupné z: [http://hlt.media.mit.edu/publications/buechley\\_PUC\\_07.pdf](http://hlt.media.mit.edu/publications/buechley_PUC_07.pdf)

[39] Hard/Soft Connections. *How To Get What You Want* [online]. [2009] [cit. 2012-05-02]. Dostupné z: <http://www.kobakant.at/DIY/?p=1272>

[40] MIZEROVÁ, Lucie. *Tvorba vodivých drah u sportovních smart oděvů*. Liberec, 2010. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Doc. Ing. Antonín Havelka CSc.

[41] *Fabrick.it* [online]. Italy, [2010] [cit. 2012-05-02]. Dostupné z: <http://www.fabrick.it/>

[42] STIEGLER, Margarete, Luise KROLOPP a Ursula MÜLLER-WILDE. *Schnittkonstruktionen für Röcke und Hosen: System M. Müller*. 24. Aufl. München: Rundschau-Verl. Königer, 2005. ISBN 39-293-0508-9.

[43] *Lamé Lifesaver* [online]. Victoria (Canada), [2011] [cit. 2012-04-01]. Dostupné z: <http://members.shaw.ca/ubik/thread/thread.html>

## Seznam příloh:

Příloha č. 1 – Technické údaje použitých zařízení	str. 100
Příloha č. 2 – Ceník produktů LilyPad	str. 102
Příloha č. 3 – Tělesné rozměry pro konstrukci	str. 103
Příloha č. 4 – Vlastnosti použitých textilií a drobné přípravy	str. 103
Příloha č. 5 – Vzorce pro výpočet statistických ukazatelů	str. 104
Příloha č. 6 – Kódy v programu Arduino 1.1	str. 104
Příloha č. 7 – Hodnoty získané z akcelerometru	str. 108

## Příloha č. 1 - Technické údaje použitých zařízení

### LilyPad Arduino:

Mikrokontrolér	ATmega328V
Provozní napětí	2,7 – 5,5 V
Vstupní napětí	2,7 – 5,5 V
Počet digitálních vstupů a výstupů	14
Počet analogových vstupů	6
Stejnosměrný proud na 1 vstup / výstup	40 mA
Flash paměť	16 KB
SRAM	1 KB
EEPROM	512 bytes
Frekvence	8 MHz
Rozměry	50 × 3 mm

### LilyPad LED:

Barva	Modrá
Rozměry	5 × 11 × 0,8 mm
Svítivost	250 mcd
Dominantní vlnová délka	470 nm
Úhel svitu	130°
Napětí v propustném směru	3,2 – 3,8 V
Maximální proud	30 mA

### LilyPad Akcelerometr – ADXL335:

Počet os	3
Rozsah	± 3 g
Spotřeba	350 µA
Rozměry	20 × 3 mm
Provozní napětí	1,8 – 3,6 V
Napětí produkované na osách	0 – 3 V
Rozhraní	Analogové

### Baterie – E603048:

Typ	Lithium-polymer
Napětí	3,7 V
Kapacita	900 mAh
Hmotnost	17,1 g
Rozměry	48 × 30 × 6 mm

### Nabíječka baterie - MCP73831/2:

Typ	Lithium-polymer
Rozhraní	Mini USB
Maximální napětí	4,5 V
Nabíjecí proud	15 – 500 mA
Rozměry	29,4 × 10,8 mm



### Multimetr – Fluke 189 True-RMS Multimeter:

Přesnost měření odporu	$\pm (0,05 \% + 2)$
Max. rozlišení odporu	0,01 $\Omega$
Maximální odpor	500 M $\Omega$



### Šicí stroj – Brother NV-400:

Počet stehů	294
Maximální délka stehu	5 mm
Maximální šířka stehu	7 mm
Maximální otáčky	850 ot./min
Chapač	Horizontální
Displej	LCD
Příkon	45 W
Automatizace	Automatický odstřih nitě, zapošití, navlékač horní nitě, volitelná poloha jehly, automatické šití knoflíkové dírky, regulace rychlosti šití



### Digitální tiskárna – Brother GT-782:

Typ potisku	Přímý digitální
Počet tiskacích ploch	2
Počet inkoustových hlav	8
Typ inkoustových hlav	On demand - piezo
Maximální tisková plocha	40 × 47 cm
Maximální rozlišení	600 × 600 dpi
Barvy inkoustů	CMYKW
Typ inkoustů	Pigmentové inkousty na bázi vody
Fixace inkoustů	5 minut v horkovzdušném tunelu o teplotě 160 °C / 35 sekund ve fixačním lisu o teplotě 180 °C
Kompatibilní software	Windows XP / Vista



## Žehlička – Tefal FV5335E0

Maximální příkon	2400 W
Trvalý výstup páry	40 g/min
Parní ráz	130 g/min
Kapacita nádrže na vodu	300 ml



## Příloha č. 2 – Ceník produktů LilyPad

Ceny ke dni 8.2.2012 v amerických dolarech (USD):

Produkt	Cena v USD
LilyPad Arduino verze 04	21,95
Zjednodušená verze Simple Board	19,95
FTDI adaptér	14,95
Teplotní senzor	4,95
Světelný senzor	7,95
Akcelerometr	24,95
Bzučák	7,95
Vibrační motor	14,95
Tříbarevná LED	7,95
LilyPad LED 5 ks	4,95
Micro verze LED 5 ks	3,95
Destičky k připojení komponent 10 ks	4,95
Tlačítkový spínač	1,50
Posuvný spínač	3,95
Jednoduchá přípojka na baterii	2,95
Přípojka na baterii se spínačem	4,95
Zdroj LiPower	14,95
Držák AAA baterie	14,95
Držák hodinové baterie	4,95
Deska na modul pro bezdrátovou komunikaci	14,95

### Příloha č. 3 - Tělesné rozměry pro konstrukci

Tělesný rozměr	Hodnota [cm]
Výška postavy	173,0
Obvod pasu	71,8
Obvod sedu	99,0
Boční hloubka sedu	28,0
Boční délka kalhot	107,7
Dolní šířka kalhot	21,0
Kroková délka	83,0

### Příloha č. 4 – Vlastnosti použitých textilií a drobné přípravy

#### Textilie:

Parametr	Materiál č. 1 (vrchový mat.)	Materiál č. 2 (podšív. mat.)	Materiál č. 3 (výztuž)
Materiálové složení	95 % CO, 5 % EL	100 % PL	100 % PL
Typ	Tkanina	Tkanina	Tkanina
Vazba	Plátňová	Plátňová	Plátňová
Dostava osnovy [nitě/cm]	47	36	32
Dostava útku [nitě/cm]	38	29	32
Plošná hmotnost [g.m <sup>-2</sup> ]	208,71	48,78	59,91

#### Nit:

Materiál 100 % PL  
Zákrut Z  
Počet nití 2  
Jemnost 11,4 × 2 Tex

#### Nit pro kontakt s vodivými drahami:

Materiál 100 % CO  
Zákrut Z  
Počet nití 2  
Jemnost 14,8 × 2 Tex

### Technická drobná příprava:

Zdrhovadlo Kov, délka 22 cm

Patentky Mosaz (průměry 10 a 6 mm), plast (průměr 8 mm)

## Příloha č. 5 - Vzorce pro výpočet statistických ukazatelů

Průměr	$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$
Směrodatná odchylka	$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$
Variační koeficient	$V = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100 \quad [\%]$

## Příloha č. 6 – Kódy v programu Arduino 1.1

### Kód pro čtení hodnot z akcelerometru:

```
//činnost Arduina je potvrzena rozsvícením LED na základní  
desce:  
int ledPin = 13;  
//proměnné pro uložení hodnot vycházejících ze senzoru:  
int sensorXValue = 0;  
int sensorYValue = 0;  
int sensorZValue = 0;  
int test; //inicializace funkce test  
  
void setup() { //funkce pro zahájení programu  
pinMode(ledPin, OUTPUT); //LED je označena jako výstup  
//nastavení rychlosti komunikace pro přenos dat:  
Serial.begin(9600); }  
  
void loop() { //funkce pro samotné zpracování procesů ve smyčce  
digitalWrite(ledPin, HIGH); //digitální zápis - LED se rozsvítí  
  
//analogové čtení hodnot z jednotlivých os:  
sensorXValue = analogRead(A2);  
sensorYValue = analogRead(A3);  
sensorZValue = analogRead(A4);  
  
Serial.print(sensorXValue); //zápis hodnot z osy X
```



```

Serial.print("\t");    //oddělení hodnot tabulátorem
//mapování analogových hodnot na rozmezí od -90 do +90:
test = map(sensorXValue,355,662,-90,90);
//zápis mapovaných hodnot:
Serial.print(map(sensorXValue,355,662,-90,90));
Serial.print("\t");

Serial.print(sensorYValue);    //zápis hodnot z osy Y
Serial.print("\t");
test = map(sensorYValue,355,662,-90,90);
Serial.print(map(sensorYValue,355,662,-90,90));
Serial.print("\t");

Serial.print(sensorZValue);    //zápis hodnot z osy Y
Serial.print("\t");
test = map(sensorZValue,355,662,-90,90);
//zápis následujících hodnot proběhne na další řádek:
Serial.println(map(sensorZValue,355,662,-90,90));

delay(250);    //prodleva mezi čtením hodnot 0,25 sekundy
}

```

## Kód pro blikání LED:

```

//proměnné pro uložení hodnot vycházejících ze senzoru:
int sensorXValue = 0;
int sensorYValue = 0;
int sensorZValue = 0;

int trashold = 50;    //nastavení prahu snímaných hodnot
//nastavení prahu změny animace:
int animate_change_trashold = 30;

int animate_count;    //proměnné pro určení počtu animací a klidu
int klid_count;

//vyrovnávací paměť pro rozdíl hodnot ("rozdílové" proměnné):
int XLast;    //X-předchozí
int XNew;    //X-nová
int YLast;
int YNew;
int ZLast;
int ZNew;

void setup() {    //funkce pro zahájení programu
    pinMode(6, OUTPUT);    //nastavení pinů jako výstupy
    pinMode(7, OUTPUT);
    pinMode(8, OUTPUT);
    pinMode(9, OUTPUT);
    pinMode(10, OUTPUT);
    pinMode(11, OUTPUT);
    pinMode(12, OUTPUT);
    //nastavení rychlosti komunikace pro přenos dat:
}

```

```

    Serial.begin(9600);
}

void animate () {    //funkce animace "blikání"
    digitalWrite(6, HIGH);
    digitalWrite(7, HIGH);
    digitalWrite(8, HIGH);
    digitalWrite(9, HIGH);
    digitalWrite(10, HIGH);
    digitalWrite(11, HIGH);
    digitalWrite(12, HIGH);
    delay(100);
    digitalWrite(6, LOW);
    digitalWrite(7, LOW);
    digitalWrite(8, LOW);
    digitalWrite(9, LOW);
    digitalWrite(10, LOW);
    digitalWrite(11, LOW);
    digitalWrite(12, LOW);
    animate_count++; //hodnota se zvyšuje o jednu
    klid_count = 0; //hodnoty se pro následující krok vynulují
}

void animate2 () {    //funkce animace "had"
    //LED se rozsvěcují postupně od pinu 6 do pinu 12:
    for (int i = 6 ; i<=12 ; i++){
        digitalWrite(i, HIGH); //digitální zápis - LED se rozsvítí
        delay(50); //prodleva 0,05 sekundy
        digitalWrite(i, LOW); //digitální zápis - LED zhasne
    }
    klid_count = 0; //hodnoty se pro následující krok vynulují
}

void loop() {    //funkce pro samotné zpracování procesů ve smyčce
    //načtení hodnot do proměnných z analogově digitálního
    konvertoru:
    sensorXValue = analogRead(A2);
    sensorYValue = analogRead(A3);
    sensorZValue = analogRead(A4);
    //zápis hodnot z jednotlivých os na sériový port:
    Serial.print("Xval :");
    //mapování hodnot na rozmezí od -90 do +90:
    Serial.print(map(sensorXValue,355,662,-90,90));
    Serial.print("  Yval :");
    Serial.print(map(sensorYValue,355,662,-90,90));
    Serial.print("  Zval :");
    Serial.println(map(sensorZValue,355,662,-90,90));

    //zápis hodnot do "rozdílových" proměnných:
    XNew = sensorXValue;
    YNew = sensorYValue;
    ZNew = sensorZValue;

    //test rozdílu pro kladnou osu:
    //test osy X - pokud je rozdíl hodnot X-nové a X-předchozí
    větší či rovno prahu (50):

```

```

if ((XNew - XLast) >= trashold){
    //předchozí hodnota se stává hodnotou následující:
    XLast = XNew;
    //pokud jsou hodnoty větší než práh (30):
    if (animate_count > animate_change_trashold){
        animate2(); //spustí se animace "had"
    }
    else animate(); //jinak proběhne animace "blikání"
}

if ((YNew - YLast) >= trashold){ //test osy Y
    YLast = YNew;
    if (animate_count > animate_change_trashold){
        animate2();
    }
    else animate();
}

if ((ZNew - ZLast) >= trashold){ //test osy Z
    ZLast = ZNew;
    if (animate_count > animate_change_trashold){
        animate2();
    }
    else animate();
}

//test rozdílu pro zápornou osu:
//pokud je rozdíl hodnot X-nové a X-předchozí menší nebo rovno
nule mínus práh:
if ((XNew - XLast) <= (0 - trashold)){
    XLast = XNew;
    if (animate_count > animate_change_trashold){
        animate2();
    }
    else animate();
}

if ((YNew - YLast) <= (0 - trashold)){
    YLast = YNew;
    if (animate_count > animate_change_trashold){
        animate2();
    }
    else animate();
}

if ((ZNew - ZLast ) <= ( 0 - trashold)){
    ZLast = ZNew;
    if (animate_count > animate_change_trashold){
        animate2();
    }
    else animate();
}

klid_count++; //hodnota se zvýší o jednu
//pokud je "klid" po 20 cyklech čtení, nastaví se zase
animace "blikání":

```

```

    if (klid_count > 20){
        animate_count = 0;    //hodnoty se vynulují
    }
}

```

## Příloha č. 7 – Hodnoty získané z akcelerometru

Akcelerometr se nehýbe					
Osa X – akcel.	Úhel	Osa Y – akcel.	Úhel	Osa Z – akcel.	Úhel
523	8	558	29	607	57
523	8	558	29	607	57
523	8	558	29	607	57
523	8	558	29	607	57
523	8	558	29	606	57
523	8	558	29	607	57
523	8	558	29	607	57
523	8	558	29	607	57
523	8	558	29	607	57
523	8	558	29	607	57
523	8	556	27	608	58
523	8	557	28	607	57
524	9	556	27	608	58
523	8	555	27	607	57
524	9	556	27	608	58
524	9	556	27	608	58
524	9	556	27	608	58
524	9	556	27	608	58
524	9	556	27	608	58
524	9	556	27	608	58

Pohyb směrem doleva na ose X						Pohyb směrem doprava na ose X					
Osa X – akcel.	Úhel	Osa Y – akcel.	Úhel	Osa Z – akcel.	Úhel	Osa X – akcel.	Úhel	Osa Y – akcel.	Úhel	Osa Z – akcel.	Úhel
500	-5	406	-61	545	21	652	84	369	-82	514	3
497	-7	412	-57	546	21	558	29	375	-79	497	-7
503	-4	404	-62	551	24	522	7	418	-54	547	22
453	-33	442	-39	537	16	531	13	408	-59	547	22
456	-31	411	-58	578	40	532	13	412	-57	543	20
478	-18	411	-58	555	27	523	8	409	-59	549	23
489	-12	409	-59	549	23	625	68	447	-37	576	39
466	-25	436	-43	551	24	603	55	428	-48	535	15
457	-31	431	-46	572	37	555	27	417	-54	555	27
480	-17	413	-56	554	26	527	10	412	-57	549	23

464	-27	411	-58	528	11	525	9	416	-55	555	27
429	-47	376	-78	581	42	524	9	405	-61	552	25
485	-14	415	-55	549	23	524	9	413	-56	555	27
504	-3	386	-72	524	9	534	14	429	-47	554	26
441	-40	423	-51	548	23	600	53	396	-66	485	-14
439	-41	463	-27	527	10	559	29	409	-59	542	19
448	-36	403	-62	545	21	550	24	427	-48	548	23
472	-22	416	-55	541	19	536	16	411	-58	549	23
461	-28	408	-59	535	15	530	12	413	-56	556	27
449	-35	416	-55	541	19	622	66	444	-38	552	25

Pohyb směrem dolů na ose Y						Pohyb směrem nahoru na ose Y					
Osa X – akcel.	Úhel	Osa Y – akcel.	Úhel	Osa Z – akcel.	Úhel	Osa X – akcel.	Úhel	Osa Y – akcel.	Úhel	Osa Z – akcel.	Úhel
503	-4	490	-11	355	-90	509	0	568	34	575	38
454	-32	452	-34	524	9	558	29	527	10	468	-24
423	-51	380	-76	524	9	637	75	536	16	462	-28
446	-37	435	-44	539	17	508	-1	558	29	609	58
446	-37	415	-55	529	12	506	-2	518	5	588	46
442	-39	398	-65	542	19	510	0	560	30	609	58
458	-30	410	-58	548	23	510	0	560	30	608	58
463	-27	415	-55	557	28	490	-11	535	15	618	64
465	-26	417	-54	554	26	491	-11	550	24	613	61
471	-22	411	-58	555	27	493	-10	552	25	612	60
476	-20	412	-57	554	26	637	75	536	16	462	-28
481	-17	411	-58	556	27	497	-7	551	24	612	60
524	9	409	-59	551	24	501	-5	555	27	612	60
525	9	409	-59	543	20	500	-5	554	26	611	60
518	5	399	-65	539	17	503	-4	556	27	611	60
520	6	409	-59	540	18	504	-3	553	26	610	59
519	6	403	-62	543	20	507	-1	558	29	610	59
527	10	504	-3	501	-5	522	7	560	30	606	57
596	51	476	-20	899	228	522	7	559	29	607	57
509	0	489	-12	623	67	524	9	556	27	608	58

Pohyb směrem dopředu na ose Z						Pohyb směrem dozadu na ose Z					
Osa X – akcel.	Úhel	Osa Y – akcel.	Úhel	Osa Z – akcel.	Úhel	Osa X – akcel.	Úhel	Osa Y – akcel.	Úhel	Osa Z – akcel.	Úhel
469	-24	400	-64	504	-3	495	-8	413	-56	516	4
473	-21	405	-61	506	-2	472	-22	409	-59	551	24
466	-25	405	-61	496	-8	459	-30	402	-63	551	24
472	-22	416	-55	498	-7	465	-26	416	-55	548	23
463	-27	414	-56	497	-7	462	-28	410	-58	550	24
461	-28	415	-55	490	-11	465	-26	413	-56	549	23
461	-28	418	-54	486	-14	466	-25	414	-56	550	24

461	-28	414	-56	486	-14	465	-26	414	-56	550	24
465	-26	423	-51	485	-14	465	-26	414	-56	549	23
462	-28	410	-58	489	-12	465	-26	415	-55	549	23
501	-5	565	33	491	-11	464	-27	413	-56	552	25
556	27	431	-46	383	-74	506	-2	518	5	588	46
484	-15	417	-54	453	-33	473	-21	465	-26	528	11
486	-14	432	-45	435	-44	420	-52	391	-69	565	33
637	75	536	16	462	-28	502	-4	592	48	565	33
441	-40	434	-44	488	-13	450	-35	425	-49	540	18
503	-4	411	-58	480	-17	448	-36	435	-44	537	16
494	-9	412	-57	474	-21	440	-41	431	-46	547	22
499	-6	426	-49	464	-27	437	-42	444	-38	653	84
493	-10	424	-50	433	-45	503	-4	405	-61	516	4